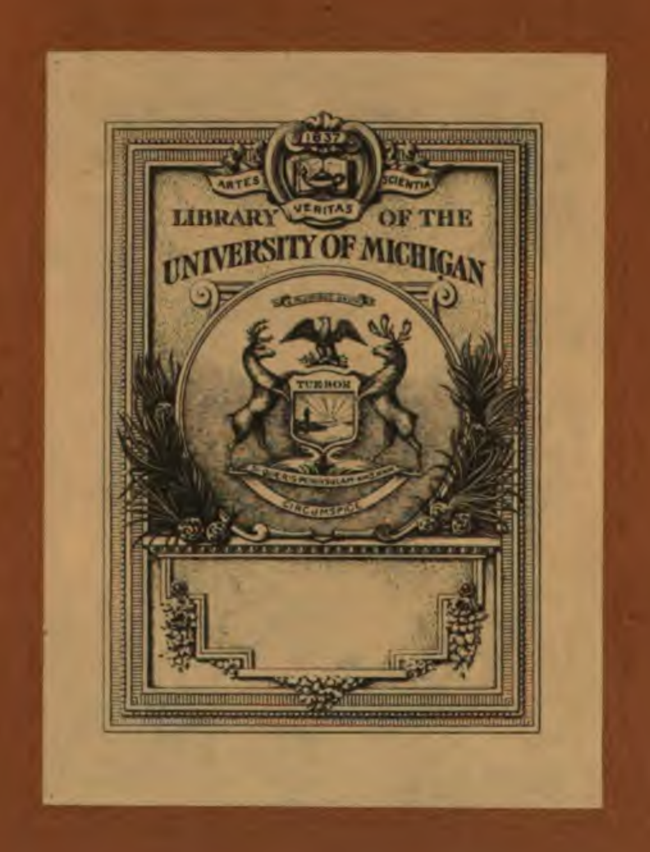

1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE





Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen.

Organ für
naturwissenschaftliche Forschungen
auf dem Gebiete der Landwirtschaft.

Unter Mitwirkung
sämtlicher Deutschen Versuchs-Stationen
herausgegeben von

Dr. O. Kellner,
Geh. Hofrat und Professor, Vorstand der Königl. landw. Versuchsstation Möckern.

„Concordia parvae res crescunt . . .“



Band LXIX.

Mit 1 Tafel und 10 Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1908.

Inhalt

des

LXIX. Bandes der „Landwirtschaftl. Versuchs-Stationen".

Autoren.

Sachregister.

Allgemeines.

Personalien: J. Hazard † S. 160. — R. Heinrich S. 320. — Fr. Honcamp S. 320 u. 482. — Th. Omeis S. 482.

Boden und Düngung.

Seite

Pflanzenernährung und Pflanzenwachstum.

Nahrungs- und Futtermittel. Fütterungsversuche.

Untersuchungsmethoden.



Mitteilung der Landw. Versuchsstation Münster i. W.

Das Verhalten der organischen Substanz des Bodens und der osmotische Druck desselben.

Von

J. KÖNIG, J. HASENBÄUMER und H. GROSSMANN.

(Mit 5 Textabbildungen.)

Schon zwei Arbeiten aus dem hiesigen Laboratorium haben sich mit der wichtigen Frage über die Gewinnung von Anhaltspunkten für die Beurteilung der Fruchtbarkeit bezw. Düngebedürftigkeit des Ackerbodens befasst.

CLEMENT[1]) prüfte verschiedene Lösungsmittel auf ihre Fähigkeit, die Nährstoffe, die in einer für die Pflanzen leicht aufnehmbaren Form im Boden vorkommen, in Lösung zu bringen. Er düngte ferner künstlich die Böden mit Nährstoffen und prüfte das Verhalten derselben Lösungsmittel gegen solche Böden. Gleichzeitig stellte er auch durch Vegetationsversuche das Verhalten einiger Kulturpflanzen gegen Böden fest, die mit verschiedenen Mengen von Nährstoffen gedüngt waren. Nach seiner Ansicht löst eine 1 %ige bezw. 2 %ige Zitronensäurelösung, ausser den leichtlöslichen Nährstoffen, auch in geringen Mengen die schwerer löslichen Stoffe.

E. COPPENRATH[2]) findet, dass bei den von ihm verwendeten Versuchsböden schwächere Lösungsmittel, wie Zitronensäure, Ammonzitrat, Ammonchlorid, Essigsäure und kohlensäurehaltiges Wasser in gleichem Sinne wirken, d. h. wenn ein Lösungsmittel

---

[1]) CLEMENT, Die Bestimmung der für die Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffe des Bodens; Inaug.-Dissertation, Münster i. W. 1904.

[2]) E. COPPENRATH, Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Bodens und der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen; Inaug.-Dissertation, Merseburg 1907, und Landw. Versuchs-Stationen 1907, 66, 401.

aus einem Boden von dem vorhandenen Kali bezw. von der vorhandenen Phosphorsäure viel löst, so wirken die anderen Lösungsmittel auf denselben Boden in gleicher Weise ein. Eine 2 %ige Zitronensäurelösung soll nach seiner Ansicht am besten sein. Als neues Verfahren zur Bestimmung der leichtlöslichen Nährstoffe empfiehlt Coppenrath die Behandlung des Bodens mit Wasser unter Druck, und zwar soll nach seiner Ansicht ein 5stündiges Dämpfen bei 5 Atmosphären am zweckmässigsten sein. Die hierbei gelösten Nährstoffe sollen den von den Pflanzen aufgenommenen am nächsten kommen. Ferner hat E. Coppenrath gefunden, dass der Boden die Eigenschaft besitzt, aus Wasserstoffsuperoxyd Sauerstoff zu entbinden. Er führt diese katalytische Eigenschaft des Bodens vorwiegend auf Enzymwirkung zurück. Katalytische Kraft und Humusgehalt stehen in nahezu geradem Verhältnis zueinander.

Unter den weiteren neueren Arbeiten, die Menge der für die Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffe des Bodens zu bestimmen, sei die von A. Mitscherlich[1]) genannt, der die Kohlensäure als geeignetstes chemisches Lösungsmittel bezeichnet. Er geht hierbei von der Ansicht aus, dass das Bodenwasser durch Zersetzung des Humus mehr oder weniger mit Kohlensäure gesättigt ist, und dass ferner die von den Wurzeln zur Aufschliessung bezw. Lösung der Nährstoffe ausgeschiedenen Stoffe bei unseren Kulturpflanzen als hauptsächlichstes Produkt Kohlensäure enthalten. Die den Pflanzen zur Verfügung stehende Nahrung besteht nach ihm zur Hauptsache in einer kohlensauren Lösung der im Boden vorkommenden löslichen Salze. Die Löslichkeit der Pflanzennährstoffe durch kohlensäurehaltiges Wasser macht er abhängig:

1. von der Zeit, insofern als zur Lösung der Salze und zum Austausch der verschiedenen Konzentrationen Zeit notwendig ist,
2. dem Kohlensäuregehalte des Bodenwassers, weil durch letzteren schwerlöslichere Salze, z. B. kohlensaurer Kalk in leichter löslichen sauren, kohlensauren Kalk, umgewandelt werden, ferner auch z. B. weil bei einem Überschusse von Kohlensäure geringe Mengen Phosphorsäure aus ihren Salzen abgeschieden werden,

---

[1]) E. A. Mitscherlich, Landw. Jahrbücher 1907, 39, 309.

3. der Wassermenge überhaupt, denn je grösser die Menge Wasser im Boden ist, um so mehr leichtlösliche Salze werden in Lösung gebracht, ferner hängt auch der Sättigungsgrad der Salze von der Wassermenge ab und
4. von der Temperatur, da im allgemeinen die Löslichkeit der Salze mit der Temperatur steigt.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte baut er eine physikalisch-chemische Bodenanalyse auf.

Roemer und Wimmer[1]) glauben eine Düngebedürftigkeit des Bodens an verschiedenen äusseren, an den Pflanzen auftretenden Merkmalen erkennen zu können. Dies gilt besonders bei Kali- und Phosphorsäuremangel. Bei ersterem werden die Blätter dunkler, dünn und durchscheinend und lebhafter glänzend. Statt vor dem Absterben gelb zu werden, bekommen die Blätter an den Rändern braune Flecken. Bei Phosphorsäuremangel werden die Pflanzen sofort dunkelgrün gefärbt. Die Blätter bekommen ebenfalls braune Flecken, die allmählich sich über das ganze Blatt ausbreiten.

Auf einige weitere neuere Arbeiten von Eggertz, von Dumont und von Hartwell und Kellogg, die über organisch-gebundene Pflanzennährstoffe handeln, kommen wir weiter unten zurück.

Ohne Zweifel hängt die Frage der Fruchtbarkeit eines Bodens, d. h. der Löslichkeitsgrad seiner Nährstoffe bezw. ihre Aufnahmefähigkeit für die Pflanzen neben der absoluten Menge an Nährstoffen, sowohl von der chemischen als auch physikalischen Beschaffenheit des Bodens und seiner Konstituenten ab. So wird zweifellos der Löslichkeitsgrad der Bodennährstoffe einerseits von dem Humus und seiner Oxydationsfähigkeit, andererseits von der wasserhaltenden bezw. wasseranziehenden Kraft des Bodens wesentlich mitbedingt sein.

Wendet man zur Bestimmung der wasseranziehenden Kraft eine hemipermeable Membran an, die Boden und Wasser voneinander trennt und uns einen Ausdruck für den osmotischen Druck des Bodens liefert, so dürfte durch eine fehlerfreie Gewinnung dieser Grösse uns ein direkter Ausdruck für den Lös-

[1]) H. Roemer und G. Wimmer, Bedeutung der an der Rübenpflanze durch verschiedene Düngung hervorgerufenen äusseren Erscheinungen für die Beurteilung der Rüben und die Düngebedürftigkeit des Bodens; Mitteilungen der Herzogl. Anhaltischen Versuchsstation zu Bernburg 1907.

lichkeitsgrad der Nährstoffe bezw. für die Fruchtbarkeit des Bodens gegeben sein, da, wie angenommen wird und angenommen werden muss, sämtliche Nährstoffe aus dem Boden mehr oder minder auf osmotischem Wege in die Pflanzenzelle gelangen.

Wir haben daher die früheren Arbeiten nach zwei Richtungen hin erweitert, indem wir einerseits den Einfluss der Oxydation des Humus auf die Lösung der Bodennährstoffe, andererseits den osmotischen Druck des Bodens ermittelten. Gleichzeitig wurde der Einfluss des Dämpfens von Boden mit Wasser unter verschiedenen noch nicht berücksichtigten Verhältnissen fortgesetzt.

A. Chemische Untersuchungen.

In Verfolgung der vorgesetzten Aufgaben zogen wir ausser den früher bereits beschriebenen und genau untersuchten Böden noch drei neue Böden zur Untersuchung heran und mögen die chemische Zusammensetzung, sowie die physikalischen Eigenschaften dieser Böden hier zunächst mitgeteilt werden.

Zwei von den neuen Böden waren Lehmböden aus der Gegend von Soest, der dritte ein Sandboden aus Lavesum bei Haltern. Von dem einen Lehmboden b wurde seitens des Landwirtes behauptet, dass er sich von dem Lehmboden a dadurch unterscheide, dass er keiner Kalidüngung bedürftig sei.

1. Mechanische Analyse.

Bestandteile:	a) Düngebedürftiger Lehmboden aus Hattrop bei Soest %	b) Nicht düngebedürftiger Lehmboden aus Hattrop bei Soest %	c) Sandboden aus Lavesum bei Haltern %
2 —1 mm Korngrösse	0.2	0.4	0.8
1 —0.5 „ „	1.0	0.8	2.6
0.5—0.25 „ „	2.2	1.4	25.0
> 0.2 „ „	50.4	47.4	47.0
Abschlämmbar	46.2	51.0	24.6
Ton durch Aufschliessen mit H_2SO_4 gefunden	11.51	10.78	4.03
Wasserhaltende Kraft	36.5	36.2	25.1

2. Chemische Analyse.

Bestandteile:	a) Düngebedürftiger Lehmboden aus Hattrop bei Soest %	b) Nicht düngebedürftiger Lehmboden aus Hattrop bei Soest %	c) Sandboden aus Lavesum bei Haltern %
Stickstoff	0.186	0.172	0.187
Humus	2.72	2.45	3.92
Chemisch gebundenes Wasser	1.21	1.24	0.23
In 10 %iger heisser Salzsäure löslich.			
Kalk	0.672	0.537	0.092
Kohlensaurer Kalk	1.200	0.958	0.164
Magnesia	0.304	0.329	0.082
Kohlensaure Magnesia	0.636	0.687	0.171
Tonerde	2.550	2.650	0.848
Eisenoxyd	1.750	1.547	0.674
Phosphorsäure	0.118	0.108	0.077
Natron	0.060	0.055	0.023
Kali	0.130	0.127	0.043
Im ganzen gelöst:	5.584	5.253	1.839
Durch konzentrierte Schwefelsäure gelöst.			
Kieselsäure	7.947	7.364	2.679
Tonerde	2.300	2.193	1.082
Kalk	0.201	0.107	0.082
Magnesia	0.063	0.106	0.063
Natron	0.137	0.122	0.050
Kali	0.169	0.194	0.078
Ton + tonige Substanz:	11.509	10.782	4.034
Durch Flusssäure aufgeschlossen.			
Tonerde	3.798	3.680	2.490
Magnesia	0.017	0.015	—
Natron	1.205	1.167	0.808
Kali	1.654	1.621	1.064
Daraus berechnet sich:			
Kalifeldspat	9.79	9.50	6.30
Natronfeldspat	10.19	9.87	6.84
Quarz	58.14	60.13	76.68

Der Gesamtgehalt an den hauptsächlichsten Pflanzennährstoffen ist hiernach folgender:

Bestandteile:	a) Dünge-bedürftiger Lehmboden aus Hattrop bei Soest %	b) Nicht dünge-bedürftiger Lehmboden aus Hattrop bei Soest %	c) Sandboden aus Lavesum bei Haltern %
Stickstoff	0.186	0.172	0.187
Phosphorsäure	0.118	0.108	0.077
Kali	1.953	1.942	1.185
Natron	1.402	1.344	0.887
Kalk	0.873	0.644	0.174
Magnesia	0.384	0.450	0.145

Die vorstehenden Zahlen zeigen, dass die beiden Lehmböden sowohl bezüglich der einzelnen Konstituenten, als auch bezüglich des Gehaltes an Nährstoffen untereinander nicht verschieden sind, deutlich tritt aber ein Unterschied zwischen den beiden Lehmböden einerseits und dem Sandboden andererseits hervor.

3. Physikalische Eigenschaften der drei neuen Böden.

Die Böden wurden ferner auf ihre physikalischen Eigenschaften untersucht:

a) Bestimmung der Hygroskopizität.

Die Bestimmung der Hygroskopizität, d. h. nach A. Mitscherlich derjenigen Wassermenge, die ein Boden enthält, wenn seine Oberfläche gerade mit einer Molekülschicht Wasser bedeckt ist, geschah in der Weise, dass die Böden zunächst nach E. Coppenraths[1]) Vorschlag in einem grossen Vakuumexsikkator mit elektrischer Heizvorrichtung über Phosphorsäureanhydrid getrocknet wurden. Es wurden auf diese Weise und durch gewöhnliches Trocknen im Trockenschrank bei 105—110° folgende Mengen Wasser in Prozenten gefunden:

---

[1]) E. Coppenrath, Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Bodens und der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen; Inaug.-Dissertation 1907.

	a) Lehmboden (düngebedürftig)	b) Lehmboden (nicht düngebedürftig)	c) Sandboden
Trocknen im Vakuum . .	2.60	4.88	1.67
Trocknen bei 105—110° .	2.53	4.85	1.56

Die Schalen mit dem über Phosphorsäureanhydrid getrockneten Boden wurden nach MITSCHERLICHS Vorschrift in einen grossen Vakuumexsikkator gestellt, der mit 10 %iger Schwefelsäure beschickt war. Der Exsikkator wurde evakuiert und zwei Tage lang in einen dunklen Schrank gestellt. Dann wurden die Schalen gewogen und wieder in den Exsikkator gebracht, in den zuvor neue Schwefelsäure gefüllt war; derselbe wurde nochmals evakuiert, drei Tage im dunklen Schrank stehen gelassen und die Schalen darauf nochmals gewogen. Die aufgenommene Wassermenge wurde mit 100 multipliziert und durch die angewendeten Gramm Boden dividiert; zwei Versuche ergaben folgende Hygroskopizität:

	a) Lehmboden (düngebedürftig)	b) Lehmboden (nicht düngebedürftig)	c) Sandboden
	3.10	3.50	1.17
	3.23	3.42	1.12
Mittel:	3.16	3.46	1.14

b) Absorptionsgrösse nach Knop.

50 g Boden wurden mit 5 g Kreide und 100 ccm Ammoniumchlorid (nach KNOP) versetzt, 2 Tage lang unter häufigem Umschütteln stehen gelassen, 50 ccm abgehebert und in diesen wurde Ammoniak durch Destillation mit Magnesia bestimmt. Das Ergebnis war folgendes:

	a) Lehmboden (düngebedürftig)	b) Lehmboden (nicht düngebedürftig)	c) Sandboden
Vorgelegt	36.40	36.40	36.40
Zurücktitriert	25.35	25.05	21.50
	11.05	11.35	14.90

1 ccm NaOH entspricht 0.00369 g N gleich 2.929 ccm N; 50 ccm der ursprünglichen NH_4Cl-Lösung enthielten 56.04 ccm N, also berechnet sich für 100 ccm der Koeffizient zu

47.36	47.60	26.80

c) Absorptionsgrösse nach Fesca.

Nach dem Verfahren von ZALOMANOFF wurden durch 50 g Boden 200 ccm einer Kaliumsulfatlösung durchfiltriert, die in

200 ccm 0.9576 g K_2O enthielt. Das Filtrat wurde durch destilliertes Wasser, das erst den Boden durchsickerte, wieder auf 200 ccm gebracht und in 25 ccm desselben nach dem Perchloratverfahren das Kalium bestimmt.

Es wurde gefunden:

	a) Lehmboden (düngebedürftig)	b) Lehmboden (nicht düngebedürftig)	c) Sandboden
Kaliumperchlorat ($KClO_4$) .	0.2055 g	0.2090 g	0.2656 g
Entsprechend Kali (K_2O) .	0.0873 „	0.0888 „	0.1128 „
Oder Kali in 200 ccm Lösung	0.6988 „	0.7106 „	0.9030 „

Von 100 g wasserfreiem Boden wurden demnach aus 100 ccm Kaliumsulfatlösung absorbiert Kali:

a)	b)	c)
0.2588 g	0.2470 g	0.0546 g

Oder in Prozenten der angewendeten Menge Kali:

a)	b)	c)
54.0	51.6	11.4

d) Katalytische Kraft.

Zur Bestimmung der katalytischen Kraft wurden 5 g lufttrockener Boden in kleine Erlenmeyerkölbchen gefüllt, in diese 20 ccm 3 %iges Wasserstoffsuperoxyd gegeben und der sich entwickelnde Sauerstoff mit Hilfe einer pneumatischen Wanne in graduierten Glasröhren über 5 %iger Kalilauge aufgefangen. Bei einem Versuche wurde der Boden vorher mit Chloroform eingedampft und dann erst Wasserstoffsuperoxyd zugegeben. Die Ergebnisse waren folgende:

Boden:	a) Lehmboden (dünge-bedürftig) ccm	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig) ccm	c) Sandboden ccm
Natürlicher Boden in 1/4 Stunde	13	11	4
„ „ „ 1 „	21	19	5
„ „ „ 2 Stunden	26	23	7.5
Mit 5 ccm Chloroform versetzt in 1/4 Stunde . .	6.0	6.0	0.0
„ 5 „ „ „ „ 1 „ . .	9.0	9.0	0.0
„ 5 „ „ „ „ 2 Stunden . .	11.0	10.9	0.0

Aus 20 ccm des benutzten Wasserstoffsuperoxydes wurden durch Braunstein in 5 Minuten 135 ccm Sauerstoff frei gemacht.

I. Verhalten der organischen Stoffe des Bodens.

1. Verhalten beim Dämpfen.

a) Verhalten der bereits früher untersuchten 6 Böden.

Zunächst wurden die von E. Coppenrath mit 6 verschiedenen Bodenarten angefangenen Versuche fortgesetzt. Diese hatten im ursprünglichen Zustande (1904) vor einer Düngung und Ernte durch 5stündiges Dämpfen bei 5 Atm. (500 g Boden und 5 l Wasser) folgende Mengen löslicher Stoffe für 100 g trocknen Boden geliefert:

Tabelle 1.

Bestandteile:	I. Sandboden mg	II. Lehmiger Sandboden mg	III. Lehmboden mg	IV. Kalkboden mg	V. Tonboden mg	VI. Schieferboden mg
Organische Stoffe . . .	387.2	621.0	598.0	1104.0	573.9	907.5
Mineralstoffe	113.0	133.9	195.3	260.6	209.1	210.6
Kieselsäure	26.7	28.4	46.5	37.8	38.6	36.3
Lösliche Salze	86.3	105.5	118.8	222.8	170.5	174.3
Kalk	28.2	36.9	91.5	142.8	49.1	40.8
Magnesia	4.3	5.3	7.1	4.4	14.8	12.3
Kali	3.3	8.6	5.6	3.8	11.8	5.8
Phosphorsäure	6.0	6.1	5.8	2.2	1.6	3.6
Stickstoff	26.5	42.2	43.0	66.9	26.3	53.0

In diesen Böden wurden Vegetationsversuche angestellt bezw. fortgesetzt und die nach den Ernten vorhandenen durch Dämpfen löslich gemachten Nährstoffe ebenfalls bestimmt.

α) Versuche in den grösseren Kästen im Freien.

Die Böden in den Kästen im Freien wurden zuerst (1904) mit Hafer bestellt, sie erhielten dann eine übliche Düngung mit kohlensaurem Kalk und Stallmist im Herbst und im Frühjahr zu Kartoffeln noch eine Düngung mit Ammoniaksuperphosphat und Kalisalpeter. Dem Anbau von Kartoffeln folgte im Jahre 1906 Roggen, zu dem im Herbst 1905 nochmals mit 1000 g kohlen-

saurem Kalk und 60 g Ammoniaksuperphosphat für jeden 3.25 qm grossen Kasten gedüngt worden war.

Nach der Roggenernte im Herbst 1906 wurden Proben der Böden entnommen und gleichfalls auf ihre durch fünfstündiges Dämpfen bei 5 Atm. (500 g Boden und 5 l Wasser) löslichen Mineralstoffe untersucht; die Ergebnisse für 100 g trocknen Boden waren folgende:

Tabelle 2.

Bestandteile:	I. Sandboden mg	II. Lehmiger Sandboden mg	III. Lehmboden mg	IV. Kalkboden mg	V. Tonboden mg	VI. Schieferboden mg
Organische Stoffe	422.6	743.8	919.6	1061.0	669.3	782.8
Lösliche Salze	103.4	136.6	181.9	311.7	183.6	186.8
Kieselsäure	46.9	30.2	67.5	35.1	62.8	82.8
Kalk	31.7	47.3	117.4	129.9	88.8	60.0
Kali	4.9	10.1	6.3	6.2	10.7	6.8
Phosphorsäure	9.3	6.6	9.2	2.1	1.8	6.2
Schwefelsäure	15.2	30.9	23.7	34.1	21.0	28.2

Trotz der drei Ernten (Hafer, Kartoffeln, Roggen) haben die durch Dämpfen löslichen Mengen Mineralstoffe und auch organische Stoffe — mit Ausnahme bei Lenneschieferboden — eine Zunahme erfahren, die sich durch die inzwischen erfolgte starke Düngung erklärt. Im Herbst 1906 wurden die Böden mit Wintergerste, aber ohne jegliche Düngung bestellt und unter die Gerste Ende März 1907 Rotklee gesäet. Nach der Gerstenernte wurden wiederum Proben von allen 6 Böden entnommen und bei 5 Atm. 5 Stunden lang gedämpft. Es wurde im Mittel für 100 g trocknen Boden an löslichen Mineralstoffen gefunden:

(Siehe die Tabelle 3 auf S. 11.)

Durch Vergleich der Zahlen in den beiden Tabellen 2 und 3 sieht man, dass sämtliche Werte nach der Gerstenernte fast gleichmässig zurückgegangen sind; die sehr starke Abnahme an Schwefelsäure in diesem und auch im vergangenen Jahre (Tabelle 2) erklärt sich wohl daraus, dass sie zum Teil in Form löslicher Sulfate in den Untergrund übergegangen ist. Von den nach der Ernte nicht wiedergefundenen Mengen löslicher Salze

kann man annehmen, dass sie von der Gerste aufgenommen oder während des Wachstums derselben unlöslich geworden sind.

Tabelle 3.

Bestandteile:	I. Sandboden mg	II. Lehmiger Sandboden mg	III. Lehmboden mg	IV. Kalkboden mg	V. Tonboden mg	VI. Schieferboden mg
Organische Stoffe . . .	425.2	591.8	802.6	861.1	610.9	792.6
Lösliche Salze	109.5	116.7	154.2	283.7	157.4	161.2
Kieselsäure	26.5	23.4	41.5	33.0	55.8	50.4
Kalk	27.6	36.3	78.7	148.4	73.2	59.8
Kali	4.7	7.0	3.8	4.3	8.9	6.0
Phosphorsäure	6.2	3.4	3.9	2.0	2.0	4.8
Schwefelsäure	5.2	15.6	13.2	9.5	20.5	18.9

β) Versuche in den Gefässen.

Im Jahre 1905 wurden dieselben Böden in kleinere Gefässe eingefüllt und im selben Jahre mit Salpeterstickstoff gedüngt; dann wurde die eine Reihe mit Hafer, die andere mit Erbsen bestellt. Im Jahre 1906 wurden die Böden wiederum mit Hafer und Erbsen aber ohne Düngung bestellt und zwar in der Weise, dass die Gefässe, die im Jahre 1905 Hafer getragen hatten, mit Erbsen besäet wurden und umgekehrt.

Nach der Ernte 1906 wurden im Oktober Bodenproben entnommen und diese, wie oben, 5 Stunden lang bei 5 Atm. gedämpft; es wurden hierdurch folgende Mengen löslicher Stoffe für 100 g trocknen Boden gefunden:

Tabelle 4.

Bestandteile:	I. Sandboden mg	II. Lehmiger Sandboden mg	III. Lehmboden mg	IV. Kalkboden mg	V. Tonboden mg	VI. Schieferboden mg
Organische Stoffe . . .	587.2	795.6	801.9	1000.2	708.8	715.0
Lösliche Salze	90.6	135.4	192.5	273.4	206.8	161.8
Kieselsäure	37.1	23.4	47.1	23.9	34.2	34.3
Kalk	20.5	10.9	76.2	141.1	(86.2)	56.1
Kali	2.3	3.2	3.8	2.5	7.8	3.2
Phosphorsäure	5.1	2.8	3.2	2.2	1.6	2.7
Schwefelsäure	15.0	29.2	21.2	27.3	36.5	25.6
Stickstoff	10.7	11.7	15.2	19.2	13.7	16.8

Diese Zahlen können zwar mit den für die in Tabelle 1 aufgeführten Böden streng genommen nicht verglichen werden, weil einerseits der lehmige Sandboden einem anderen weniger gut kultivierten Ursprungsboden entstammte, die anderen Böden aber keine so starke Düngung erfahren hatten. Immerhin ersieht man, dass in diesen Böden infolge der 2 Ernten die Menge der löslichen Salze gegenüber den Werten in Tabelle 1 durchweg wesentlich abgenommen hat.

b) Verhalten der 3 neuen Böden beim Dämpfen.

Die 3 Böden wurden, um einen Vergleich mit den früheren Ergebnissen zu gewinnen, zunächst 5 Stunden bei 5 Atm. gedämpft (500 g Boden und 5 l Wasser). Es wurde für 100 g trocknen Boden gefunden:

Tabelle 5.

Bestandteile:	a) Lehmboden (dünge-bedürftig) mg	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig) mg	c) Sandboden mg
Organische Stoffe	848.4	900.0	1105.4
Lösliche Salze	254.9	239.5	147.9
Kieselsäure	122.0	118.1	61.3
Kalk	100.5	105.6	24.9
Kali	5.9	7.6	5.5
Natron	14.7	11.7	7.5
Phosphorsäure	10.3	9.8	7.3
Schwefelsäure	51.3	40.9	18.3

Hier tritt im Kaligehalte bei den Lehmböden allerdings ein Unterschied hervor. Die Böden zeichnen sich gegen die früheren besonders durch ihren hohen Phosphorsäuregehalt aus. Der Sandboden ist von dem früheren durchaus verschieden, was besonders im Humusgehalte deutlich hervortritt.

Im Anschluss an diesen Versuch wurde nochmals geprüft, ob man nicht auch bei niedrigerem Druck gute Ergebnisse erzielen könne. Zu dem Zwecke wurde zunächst der früher beschriebene Kalkboden bei steigendem Druck jedesmal 5 Stunden mit folgendem Ergebnis für 100 g trocknen Boden gedämpft:

Tabelle 6.

Bestandteile:	1 Atm. mg	2 Atm. mg	3 Atm. mg	4 Atm. mg
Organische Stoffe	572.8	1167.5	1578.2	1061.0
Lösliche Salze	199.0	295.8	422.9	311.7
Kieselsäure	10.8	15.8	39.6	35.1
Kalk	77.0	129.0	199.2	121.8
Phosphorsäure	1.8	2.7	3.7	2.0

Hiernach wird also durch fünfstündiges Dämpfen bei 3 Atm. am meisten gelöst; es kann sein, dass durch Anwendung eines noch höheren Druckes bei Kalkboden ein Teil der löslichen Stoffe infolge sekundärer Umsetzungen wieder unlöslich wird, wofür der Umstand spricht, dass auch die gelösten organischen Stoffe durch fünfstündiges Dämpfen bei 5 Atm. geringer geworden sind, als durch fünfstündiges Dämpfen bei 3 Atm., also zweifellos unter dem höheren Druck zersetzt sein müssen. Wir haben daher für die folgenden Versuche 5 Stunden bei 3 Atm. gedämpft, wenn auch die Menge der hierdurch gelösten Mineralstoffe nicht mit den früher gefundenen Zahlen verglichen werden kann.

Im Frühjahr 1907 wurden die drei neuen Böden in folgender Weise gedüngt: Auf je 1 kg Boden kamen folgende Mengen Nährsalze:

Reihe I blieb ungedüngt;
„ II erhielt 0.5 g Kalk, 0.02 g Stickstoff,[1] 0.0375 g Kali;[2]
„ III erhielt 0.5 g Kalk, 0.02 g Stickstoff, 0.0225 g Phosphorsäure.[3]

Die gedüngten Böden wurden sodann in Gefässe gefüllt und mit Hafer bestellt; nebenher wurde auch eine Versuchsreihe mit den ursprünglichen Böden angesetzt. Von jeder Versuchsreihe wurden gleichzeitig Proben entnommen und bei 3 Atm. 5 Stunden lang (500 g Boden und 5 l Wasser) gedämpft.

Die Ergebnisse sind folgende:

[1]) Stickstoff in Form von Salpeter.
[2]) Kali in Form von Kaliumsulfat.
[3]) Phosphorsäure in Form von Superphosphat.

Tabelle 7.

Bestandteile:	Lehmboden a)		Lehmboden b)		Sandboden c)	
	ungedüngt mg	gedüngt mg	ungedüngt mg	gedüngt mg	ungedüngt mg	gedüngt mg
Organische Stoffe	675.8	586.3	617.1	629.4	849.2	791.0
Lösliche Salze	146.8	163.9	168.4	195.7	152.8	160.5
Kieselsäure	68.5	65.1	69.7	60.9	80.8	55.7
Kalk	72.7	74.0	75.3	78.1	27.1	33.7
Kali	3.8	4.2	4.5	4.7	5.8	6.6
Natron	11.2	14.4	11.2	14.9	4.4	7.2
Phosphorsäure	5.6	5.8	7.0	6.5	6.2	6.5
Schwefelsäure	34.6	34.6	43.2	35.0	30.0	34.8

Es wurde schon betont, dass die beiden Lehmböden nicht sehr voneinander abweichen; dieses tritt auch hier hervor, nur der Kaligehalt ist beim Boden b etwas höher. Die Menge der durch Dämpfen gelösten Nährstoffe zeigt keine festen Beziehungen zu der Menge und Art der zugeführten Nährstoffe. Das mag einerseits bei den an sich geringen Werten und den unvermeidlichen Fehlerquellen oder daran liegen, dass die Menge der zugeführten Nährstoffe zu der vorhandenen Vorratsmenge verhältnismässig gering ist oder die zugeführten Nährstoffe Umsetzungen bewirkt haben, die den ursprünglichen Zustand der adsorptiv gebundenen Stoffe oder der komplexen Verbindungen geändert haben. Aus dem Grunde sind vorstehend für die gedüngten Böden nur die Mittelwerte der durch 5stündiges Dämpfen bei 3 Atm. gelösten Nährstoffe mitgeteilt worden.

Wenngleich die Zahlen in Tabelle 7 nicht direkt mit den in Tabelle 6 in Vergleich gezogen werden können, weil es sich bei den Bodenproben für Tabelle 6 um kleinere Stichproben, bei den Bodenproben für Tabelle 7 dagegen um grössere Durchschnittsproben von grösseren Flächen handelte, so sieht man doch, dass bei diesen Böden durch 5stündiges Dämpfen bei 5 Atm. — mit Ausnahmen für gesamte lösliche Salze und Kalk bei Sandboden — etwas mehr gelöst ist, als durch 5stündiges Dämpfen bei 3 Atm. Der am zweckmässigsten anzuwendende Druck richtet sich daher zweifellos nach der Art des Bodens,

d. h. nach seinem Gehalt an Humus, Calciumkarbonat, Eisenoxyd usw. Im allgemeinen wird man aber wohl an einem 5stündigen Dämpfen bei 5 Atm. festhalten können.

Das in dieser Weise ausgeführte Dämpfen bringt zweifellos grössere Unterschiede im Gehalt der Böden an Nährstoffen, die mit Hilfe der vorhandenen organischen Stoffe gelöst werden können und in erster Linie verbraucht werden dürften, zum Ausdruck. Für den Nachweis geringer Unterschiede im Gehalt an Nährstoffen, die durch die in der landwirtschaftlichen Praxis übliche Zufuhr von Nährstoffen bedingt sind, ist es dagegen nicht geeignet.

2. Verhalten der Böden bei der Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd.

a) Verhalten der bereits früher untersuchten 6 Böden.

Wird ein Boden mit Wasserstoffsuperoxyd behandelt, so wird, wie J. König und E. Coppenrath nachgewiesen haben, infolge katalytischer Wirkung Sauerstoff entbunden. Ein Teil des Sauerstoffs entweicht gasförmig, während der andere Teil die Humussubstanzen oxydiert unter Bildung von Kohlensäure, Ameisensäure, Essigsäure und anderen nicht näher bestimmbaren Säuren. Um diese Oxydation bei verschiedenen Böden zu ermitteln, wurde das Wasserstoffsuperoxyd in verschieden starker Lösung einwirken gelassen.

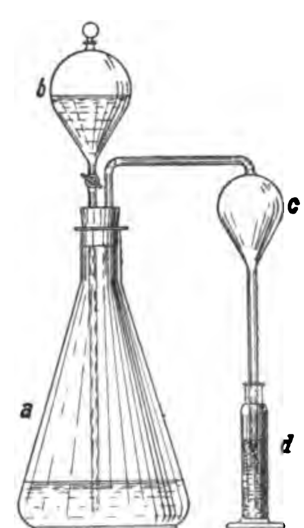


Fig. 1.

Die Oxydation in konzentriertem Zustande geschah in der Weise, dass die Böden nur mit Wasser gut durchfeuchtet und dann nach und nach mit 5 bezw. 10 ccm 100 %-igem Wasserstoffsuperoxyd versetzt wurden; für die Einwirkung in verdünntem Zustande wurden die Böden in 1500 ccm Wasser verteilt und diese Aufschwemmung durch einen untertauchenden Einfülltrichter jedesmal mit 5 bezw. 10 ccm Wasserstoffsuper-

oxyd vermischt. Der Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd erfolgte durchweg jeden Tag einmal.

Zunächst wurden Proben der 6 Böden aus den grossen Kästen untersucht, die im Herbst 1906 nach der Roggenernte entnommen waren. Die Oxydation wurde zwecks Bestimmung der hierdurch gelösten Stoffe in der Weise vorgenommen, dass 100 g Boden gut mit Wasser durchfeuchtet in den Kolben *a* (Fig. 1) gebracht, und 10 Tage lang jeden Tag durch Trichterrohr *b* mit 5 ccm konzentriertem Wasserstoffsuperoxyd versetzt wurden. — Das bei *c* zu einer Kugel erweiterte Ableitungsrohr für die Gase (Sauerstoff und Kohlensäure) mündet in eine im Standgefäss *d* befindliche Flüssigkeit (Wasser oder Quecksilber), um ein zu schnelles Entweichen der Gase zu verhüten. — Am zehnten Tage hörte die Kohlensäure-Entwickelung auf. Es wurden also insgesamt 50 ccm 100 %iges Wasserstoffsuperoxyd verwendet. Die Oxydation lieferte für 100 g trocknen Boden folgende Mengen an löslichen Stoffen:

Tabelle 8.

Bestandteile:	I. Sandboden mg	II. Lehmiger Sandboden mg	III. Lehmboden mg	IV. Kalkboden mg	V. Tonboden mg	VI. Schieferboden mg
Organische Stoffe	505.6	720.0	701.0	421.2	319.4	710.0
Lösliche Salze	326.8	386.8	428.8	348.7	189.4	300.6
Kalk	100.0	95.0	164.7	307.0	41.6	46.0
Kali	4.9	10.7	3.7	7.9	9.5	5.1
Phosphorsäure	9.3	9.2	6.0	3.9	2.1	nicht bestimmt
Schwefelsäure	33.7	24.2	35.8	61.6	29.6	65.4

Vergleicht man die auf diese Weise erhaltenen Mengen an Nährstoffen mit den durch Dämpfen erhaltenen, so zeigt sich beim Kali und der Phosphorsäure, dass in beiden Fällen fast gleichviel gelöst wird; die erhaltenen Unterschiede können aus der Ungleichheit der Proben zwanglos erklärt werden. Der Kalkgehalt schwankt bei beiden Verfahren sehr, vom Sand- und lehmigen Sandboden wird durch Oxydation regelmässig mehr — meist das Doppelte — gefunden, bei den anderen Böden ergibt sich einmal mehr, das andere Mal weniger. Ebenso schwankt der Gehalt an organischer Substanz in weiten Grenzen.

Zum Vergleich sind mit den Bodenproben aus den grossen Kästen, die im Herbst 1907 nach der Gerstenernte entnommen sind, Oxydationsversuche angestellt worden. Die Versuchsanordnung war dieselbe wie beim vorigen Versuch; die Ergebnisse waren für 100 g trocknen Boden folgende:

Tabelle 9.

Bestandteile:	I. Sandboden mg	II. Lehmiger Sandboden mg	III. Lehmboden mg	IV. Kalkboden mg	V. Tonboden mg	VI. Schieferboden mg
Organische Stoffe . . .	213.2	640.2	820.0	1131.4	237.8	143.0
Lösliche Salze	201.8	307.5	449.0	693.9	155.1	128.2
Kalk	74.8	99.6	222.3	361.6	63.2	47.8
Kali	7.6	10.7	4.7	5.1	7.5	4.0
Phosphorsäure	8.1	8.1	8.0	6.7	2.3	2.2
Schwefelsäure	15.1	24.6	28.4	19.6	19.2	13.0

Bei Lehmboden und Kalkboden wurden jetzt ganz bedeutend mehr an organischen Stoffen und löslichen Salzen gefunden, jedoch war bei beiden nur der Kalkgehalt erheblich gestiegen, während der Phosphorsäuregehalt nur schwach zugenommen und der Kaligehalt beim Kalkboden sogar abgenommen hatte. Bei den übrigen Böden ist der Gehalt an Phosphorsäure mit Ausnahme des Sandbodens etwas höher gefunden, beim Sandboden ist er von 9.3 mg für 100 g trocknen Boden auf 8.1 mg gesunken. Der Kaligehalt ist im allgemeinen derselbe geblieben. Die Böden, die beim zweiten Versuch angewendet wurden, hatten, wie schon erwähnt wurde, im Herbst 1905 nach der Roggenernte eine Düngung mit kohlensaurem Kalk und Ammoniaksuperphosphat erhalten, weswegen auch bei der Oxydation die Werte für Kalk und Phosphorsäure allgemein höher sind.

Noch ein dritter Versuch wurde mit den 6 Böden vorgenommen, diesmal mit Böden aus den Gefässen im Glashause, und zwar waren die Proben im Herbst 1906 nach der Haferernte entnommen. Die Versuchsanordnung war dieselbe, wie bei den vorhergehenden Versuchen. Für 100 g trocknen Boden wurden folgende Mengen löslicher Stoffe gefunden:

Tabelle 10.

Bestandteile:	I. Sand-boden mg	II. Lehmiger Sand-boden mg	III. Lehm-boden mg	IV. Kalk-boden mg	V. Ton-boden mg	VI. Schiefer-boden mg
Organische Stoffe . . .	425.6	486.0	692.7	637.2	225.6	130.8
Lösliche Salze	260.9	208.7	419.5	471.2	217.2	138.2
Kalk	65.4	50.9	160.9	233.4	87.4	37.8
Kali	3.4	4.2	3.4	5.3	9.4	5.4
Phosphorsäure	13.4	7.8	7.5	2.7	1.2	4.6
Schwefelsäure	32.6	29.3	40.6	36.8	33.4	13.7

Beim Vergleich mit den unter Tabelle 4 angeführten Werten, die beim Dämpfen derselben Böden bei 5 Atm. gefunden sind, ersieht man, dass die Werte für Phoshporsäure, mit Ausnahme des Kalk- und Tonbodens, bedeutend höher gefunden worden sind, die Werte für Kali jedoch sind im allgemeinen ziemlich gleich; bei der Oxydation sind sie sämtlich etwas höher. Vergleicht man die Werte mit den in der Tabelle 9 enthaltenen, so findet man, dass der Kaligehalt der drei ersten Böden sowie des Schieferbodens und ebenso auch der Phosphorsäuregehalt des Kalkbodens in Tabelle 9 bedeutend höher gefunden ist, wohingegen die Werte für Phosphorsäure bei Sand- und Schieferboden in Tabelle 10 höher sind. Die zu beiden Tabellen gehörigen Böden befinden sich infolge der verschiedenen Düngung auch in einem verschiedenen Düngungszustande, der aber in den Tabellen für Kali und Phosphorsäure nicht klar zum Ausdruck kommt.

Um festzustellen, ob und wieviel heisses Wasser aus den Böden zu lösen vermochte, wurden 200 g Boden mit 1 l heissem Wasser versetzt und etwa 12 Stunden auf ein siedendes Wasserbad gestellt. Hierdurch wurden für 100 g Boden folgende Mengen löslicher Stoffe gefunden:

(Siehe die Tabelle 11 auf S. 19.)

Durch alleinige Behandlung mit reinem heissem Wasser werden daher im Vergleich zum Dämpfen und zur Oxydation nur geringe Mengen aus dem Boden gelöst.

E. Coppenrath wies nach, dass auch durch die direkte Behandlung mit kohlensäurehaltigem Wasser mit Ausnahme von

Kalkboden weniger Kali aus dem Boden gelöst wurde, als durch Dämpfen.

Tabelle 11.

Bestandteile:	I. Sand-boden mg	II. Lehmiger Sand-boden mg	III. Lehm-boden mg	IV. Kalk-boden mg	V. Ton-boden mg	VI. Schiefer-boden mg
Organische Stoffe . . .	55.0	87.5	70.0	140.0	51.3	55.0
Lösliche Salze	24.0	27.0	44.0	147.0	29.2	40.0
Kalk	Spur	8.0	19.8	54.1	8.5	19.0
Kali	Spur	1.4	1.1	Spur	1.8	1.6
Phosphorsäure	Spur	0.6	1.0	Spur	Spur	Spur

b) Verhalten der drei neuen Böden bei der Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd.

Bei den drei neuen Böden wurde die Oxydation zunächst ebenfalls in konzentrierter Lösung vorgenommen und zwar wurden 100 g Boden wiederum mit Wasser gut durchfeuchtet und sodann während zehn Tage jeden Tag mit 5 ccm 100 %-igem Wasserstoffsuperoxyd vermischt. Es wurden für 100 g trocknen Boden folgende Mengen Nährstoffe gelöst:

Tabelle 12.

Bestandteile:	a) Lehmboden (dünge-bedürftig) mg	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig) mg	c) Sandboden mg
Organische Stoffe	553.1	451.4	1200.0
Lösliche Salze	366.0	313.2	435.3
Kieselsäure	52.6	42.7	7.0
Kalk	178.8	137.4	51.7
Kali	7.3	9.1	9.8
Natron	12.8	14.9	6.4
Phosphorsäure	12.8	12.8	35.7
Schwefelsäure	52.9	54.6	36.1

In diesem Falle, wie auch in den ersten Versuchen ist die Menge der löslichen Salze im allgemeinen höher, als die beim Dämpfen gefundene (siehe diese). Beim Sandboden löst sich durch Oxydation fast die dreifache Menge, während bei den

Lehmböden ziemlich gleichmässig fast die Hälfte mehr gefunden ist, als beim Dämpfen. Bei den beiden Lehmböden ist sowohl der Phosphorsäuregehalt als auch der Kaligehalt ganz gleichmässig gestiegen; auch hier tritt ein Unterschied im Kaligehalt hervor und zwar so, dass der kalidüngebedürftige Boden auch tatsächlich einen geringeren Kaligehalt aufweist. Die Mengen an gelösten Kalksalzen sind bei der Oxydation auch bedeutend höher gefunden. Ausser Kalk, Kali und Phosphorsäure war besonders beim Sandboden noch sehr viel Eisen und Mangan gelöst, wodurch der hohe Gehalt an löslichen Salzen erklärt wird.

Im allgemeinen ist der Unterschied zwischen Oxydation und Dämpfen bei den neuen Böden derselbe geblieben wie bei den früheren Böden. Man kann somit wohl auch mit Hilfe der Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd die leichtlöslichen Nährstoffe bestimmen. indes ist dieses nur möglich, wenn man das Wasserstoffsuperoxyd in konzentrierter Lösung einwirken lässt. Es wurde nämlich auch ein Versuch in der Weise angestellt, dass 200 g Boden, die mit 1500 ccm Wasser aufgeschlemmt waren, in 10 Tagen jeden Tag mit 5 ccm 100 $^0/_0$igem Wasserstoffsuperoxyd versetzt wurden. Die Oxydation geschah also in verdünnter Lösung. Die Ergebnisse bei diesem Versuche waren folgende:

Tabelle 18.

Bestandteile:	a) Lehmboden (düngebedürftig) mg	b) Lehmboden (nicht düngebedürftig) mg	c) Sandboden mg
Organische Stoffe	252.2	315.8	945.1
Lösliche Salze	226.7	171.3	260.3
Kieselsäure	15.7	22.2	22.5
Kalk	109.5	129.0	37.5
Kali	nicht sicher bestimmbar		
Phosphorsäure	3.8	5.7	6.0
Schwefelsäure	32.8	38.6	40.1

In verdünnter Lösung ist die oxydierende und lösende Wirkung des Wasserstoffsuperoxydes hiernach wesentlich geringer als in konzentriertem Zustande, auch wenn dieselbe Menge Wasserstoffsuperoxyd angewendet wird. Alle Werte sind bedeutend unter den beim Dämpfen gefundenen geblieben. Die Menge des aus 100 g gelösten Kalis war so gering, dass sie nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnte.

Zum Vergleich wurden auch von den neuen Böden 200 g mit heissem Wasser versetzt und 12 Stunden auf dem Dampfbade stehen gelassen. Hierbei wurden für 100 g trocknen Boden folgende Werte gefunden:

Tabelle 14.

Bestandteile:	a) Lehmboden (dünge-bedürftig) mg	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig) mg	c) Sandboden mg
Organische Stoffe	40.0	41.4	64.3
Lösliche Salze	56.4	49.1	16.1
Kieselsäure	4.1	3.6	3.0
Kalk	20.3	14.4	3.7
Kali	0.5	0.7	1.3
Natron	8.1	6.6	2.0
Phosphorsäure	0.5	0.7	0.2
Schwefelsäure	9.0	8.6	4.5

Ferner wurde versucht, durch kohlensäurehaltiges Wasser die leichtlöslichen Stoffe in Lösung zu bringen. Die Behandlung geschah in der Weise, dass 100 g Boden in grosse Erlenmeyerkolben mit 500 ccm Wasser aufgeschlemmt wurden und in dies Gemenge Kohlensäure eingeleitet wurde. Die Ergebnisse für 100 g trocknen Boden waren folgende:

Tabelle 15.

Bestandteile:	a) Lehmboden (dünge-bedürftig) mg	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig) mg	c) Sandboden mg
Organische Stoffe	29.0	28.6	29.0
Lösliche Salze	199.0	128.3	40.4
Kieselsäure	12.8	15.2	3.8
Kalk	95.2	61.2	13.5
Kali	0.6	0.6	2.0
Natron	7.5	4.5	3.9
Phosphorsäure	1.3	1.3	0.4
Schwefelsäure	9.9	9.1	6.8

Man sieht aus Tabelle 14 wiederum, dass durch heisses Wasser keine nennenswerten Mengen an Nährsalzen gelöst werden; es wird offenbar hierbei der nach der heutigen Ansicht

im Boden herrschende kolloidale Zustand, durch den die nicht an Humussäuren gebundenen Nährstoffe festgehalten werden, nicht aufgehoben. Auch kohlensäurehaltiges Wasser wirkt, wie Tabelle 15 zeigt, in diesem Falle nicht viel stärker; nur der Kalk wird hierdurch in erheblicherer Menge gelöst. Das Dämpfen und die Oxydation haben daher auch bei diesen Böden eine stärkere Lösung der in adsorptivem oder komplexem Zustande vorhandenen Nährstoffe bewirkt, als heisses oder kohlensäurehaltiges Wasser.

Das Dämpfen verdient aber, wie schon oben gesagt, vor der Oxydation den Vorzug, weil es sich einfacher ausführen lässt und übereinstimmendere Ergebnisse liefert.

3. Bestimmung der bei der Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd sich entwickelnden Kohlensäure und der sich daraus berechnenden Menge Humus.

a) Bei den bereits früher untersuchten 6 Böden.

Um bei den einzelnen Böden die Menge des leicht zersetzlichen Humus zu bestimmen, wurden dieselben in einem geeigneten Apparate mit konzentriertem Wasserstoffsuperoxyd bis

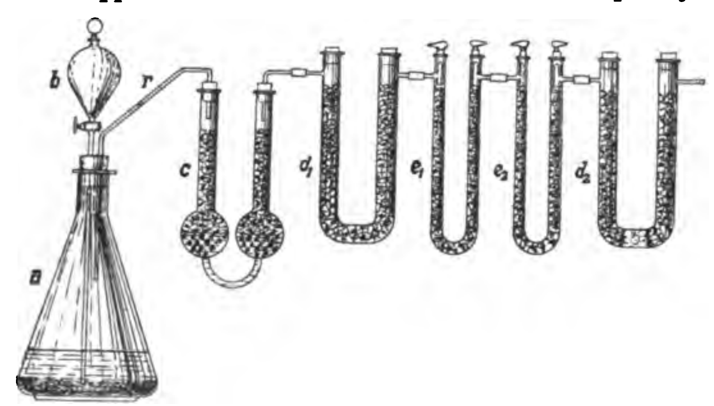


Fig. 2.

zum Aufhören der Kohlensäureentwickelung behandelt. Die Kohlensäure wurde aufgefangen und hieraus mit Hilfe des Faktors 0.471 der Humus berechnet. Zum Auffangen der Kohlensäure diente der in Fig. 2 abgebildete Apparat.

In den kleinen Stehkolben *a* wurden 10 g trockner Boden eingefüllt und dann verschlossen. Durch den Stöpsel ging der

Tropftrichter *b*, der während des Versuches mit einem Natronkalkröhrchen verschlossen war. Der Boden wurde vor dem Versuche mit etwas Wasser durchfeuchtet, sodann wurden von Tag zu Tag 2 ccm chemisch-reines konzentriertes (100 %-iges) Wasserstoffsuperoxyd aus dem Tropftrichter zugegeben. Die sich entwickelnde Kohlensäure ging durch das Rohr *r* in das U-Rohr *c*, welches mit Schwefelsäure durchtränkte Bimssteinstückchen enthielt, von hier aus durch das mit Chlorcalcium gefüllte Rohr d_1 und wurde dann in den beiden Natronkalkröhrchen e_1 und e_2 aufgefangen. Letztere wurden vor und nach dem Versuche gewogen. Zum Schutze war noch an das zweite Natronkalkrohr e_2 ein je zur Hälfte mit Natronkalk und Chlorcalcium gefülltes U-Rohr d_2 angefügt. Jeden Tag wurde kurze Zeit mit Hilfe eines Aspirators Luft durch den Apparat gesaugt, um sämtliche Kohlensäure in die Natronkalkröhrchen überzuführen. Während des Durchleitens der Luft wurde sowohl vor dem Kölbchen *a* als auch zwischen Aspirator und U-Rohr d_2 je ein Natronkalkturm, eine Absorptionsflasche mit konzentrierter Schwefelsäure und eine solche mit Kalilauge eingeschaltet.

Wenn der Versuch fast zu Ende war, wurde der Kolben *a* in heisses Wasser gestellt, um die entstandenen Bikarbonate tunlichst zu zersetzen und die vom Wasser absorbierte Kohlensäure auszutreiben; infolgedessen fand zum Schluss bei einigen Böden noch eine erhebliche Gewichtszunahme statt. Die von Tag zu Tag gewogenen Mengen Kohlensäure betrugen:

Zeit:	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Schieferboden g
1. Tag	0.0030	0.0220	0.0030	0.0185	0.0325	0.0310
2. „	0.0260	0.0405	0.1655	0.0740	0.0345	0.0615
3. „	0.0435	0.0350	0.0125	0.0920	0.0240	0.0440
4. „	0.0465	0.0695	0.0465	0.1105	0.0225	0.0375
5. „	0.0180	0.0175	0.0020	0.0990	0.0095	0.0300
6. „	0.0330	0.0325	0.0050	0.0510	0.0900	0.0345
7. „	0.0135	0.0130	0.0645	0.0135	0.0200	0.0420
8. „	0.0060	0.0480	0.0000	0.0075	0.0020	0.0200
9. „	0.0030	0.0200	—	0.0030	0.0080	0.0130
10. „	0.0015	0.0130	—	0.0005	0.0665	0.0965
11. „	0.0000	0.0170	—	0.0000	0.0000	0.0000
Zunahme des Rohres e_2	0.0000	0.0125	0.0065	0.0040	0.0000	0.0355
Insgesamt:	0.1940	0.3405	0.3055	0.4735	0.3095	0.4445

Unter Umrechnung der gefundenen Kohlensäure auf Humus und durch Vergleich mit dem durch Elementaranalyse gefundenen Humusgehalt erhält man folgende Beziehungen:

	I. Sandboden	II. Lehmiger Sandboden	III. Lehmboden	IV. Kalkboden	V. Tonboden	VI. Schieferboden
Gesamthumus durch Elementaranalyse gefunden in Prozenten	1.07	1.77	2.17	4.85	2.12	3.32
Gesamt-Kohlensäuremenge in Gramm	0.1940	0.3400	0.3055	0.4735	0.3095	0.4445
Letztere auf Humus berechnet in Prozenten .	0.92	1.62	1.44	2.57	1.59	2.10
Also oxydiert in Prozenten des Gesamt-Humus . .	85.9	91.5	66.2	53.0	71.0	63.2

b) Bei den 3 neuen Böden.

Die Bestimmung der Kohlensäure geschah in derselben Weise, wie in den ersten Versuchen. In zwei Versuchen wurden für je 10 g Boden folgende Mengen an Kohlensäure gefunden:

Tag:	a) Lehmboden (düngebedürftig)		b) Lehmboden (nicht düngebedürftig)		c) Sandboden	
	g	g	g	g	g	g
1. Tag	0.0560	0.0530	0.0795	0.0840	0.1230	0.0170
2. „	0.0815	0.0740	0.0985	0.0955	0.0725	0.1020
3. „	0.0360	0.0785	0.0550	0.0555	0.0800	0.0800
4. „	0.0285	0.0290	0.0220	0.1000	0.0200	0.0950
5. „	0.0195	0.0080	0.0125	0.0300	0.0080	0.0855
6. „	0.0085	0.0300	0.0055	0.0150	0.0040	0.0720
7. „	0.0035	—	0.0620	—	0.1685	0.0120
8. „	0.0465	—	—	—	—	0.0090
Insgesamt:	0.2800	0.2725	0.3350	0.3800	0.4760	0.4725

Aus diesen Kohlensäuremengen berechnen sich folgende Werte für Humus in Prozenten auf trockenen Boden bezogen:

(Siehe die Tabelle auf S. 25.)

Hier macht sich ein merkwürdiger Unterschied zwischen den beiden Lehmböden bemerkbar; von dem düngebedürftigen Lehmboden a sind nur 49.8 %, vom nicht düngebedürftigen Boden dagegen 70.8 % Gesamt-Humus zersetzt.

	a) Lehmboden (dünge-bedürftig)	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig)	c) Sandboden
Gesamt-Humus durch Elementar-analyse	2.72 %	2.45 %	3.92 %
Gesamt-Kohlensäuremengen aus zwei Versuchen	0.2800 0.2725	0.3350 0.3800	0.4760 0.4725
Humus	1.32 1.28	1.58 1.79	2.24 2.22
Im Mittel:	1.30	1.69	2.23
Vom Gesamt-Humus sind demnach zersetzt in Prozenten . .	49.8	70.8	61.9

In dem Oxydationsrückstande des ersten Versuches mit den neuen Böden ergab sich durch Elementaranalyse noch folgender Humusgehalt:

	a) Lehmboden (dünge-bedürftig) %	b) Lehmboden (nicht dünge-bedürftig) %	c) Sandboden %
Humus durch Oxydation gefunden	1.30	1.69	2.23
In dem Rückstande durch Elementaranalyse	1.22	0.58	1.35
Insgesamt:	2.52	2.27	3.58
Gesamt-Humus durch Elementar-analyse	2.72	2.45	3.92

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, sind die Bestimmungen des Humus aus der bei der Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd entwickelten Menge Kohlensäure durchaus einwandfrei. Der nicht zersetzte Humus wurde in dem Oxydationsrückstande vollkommen innerhalb der Versuchsfehler wiedergefunden.

Selbst bei Zugabe grösserer Mengen des konzentrierten Wasserstoffsuperoxydes und bei längerem Stehen wurde kein Humus mehr zersetzt. Der Humus des Ackerbodens besteht also aus einem leichter und schwerer oxydationsfähigen Teile, wie von vornherein erwartet werden kann. Das Mengenverhältnis beider Anteile schwankt aber bei den einzelnen Böden in ziemlich weiten Grenzen.

Der Umstand, dass sich der Humus bei den einzelnen Böden verschieden schnell und hoch oxydiert, wird nicht ohne

Belang für die Beurteilung der Fruchtbarkeit eines Bodens sein; denn je leichter und höher der Humus eines Bodens oxydiert wird, desto leichter und mehr werden die Bodennährstoffe aufgeschlossen und für die Pflanze löslich gemacht werden.

Auch im Boden wird durch die Tätigkeit von Bakterien und durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft eine ähnliche Oxydation der Humusverbindungen stattfinden, wie bei der künstlichen Oxydation. Hierdurch und durch die Verwitterung mancher Silikate wird wahrscheinlich ein grosser Teil des Nährstoffbedürfnisses der Pflanzen gedeckt werden.

Die bedeutsame und wichtige Rolle, welche gerade dieser leicht zersetzliche Humus spielt, tritt am deutlichsten bei der Neukultivierung von Heideböden zutage. Diese Böden enthalten vielfach einen ziemlich hohen Gehalt an Gesamt-Humus, aber durchweg in sehr schwer zersetzlicher Form; daher sind viele Versuche, ohne vorherige Zufuhr von leicht zersetzlichem Humus — sei es in Form von Gründüngung, sei es in Form von Stalldünger — Körner- oder Hackfrucht zu bauen, vergeblich gewesen.

In der durch Oxydation des Humus erhaltenen Lösung konnte deutlich Ameisensäure und Essigsäure nachgewiesen werden. Die etwa 70 ccm betragende, durch Bodenteilchen trübe Lösung wurde filtriert, reinster kohlensaurer Kalk (präzipitierter) im Überschuss zum Filtrat gegeben und längere Zeit auf dem Wasserbade erwärmt. Hierdurch wurden beide Säuren, wenn sie frei vorkamen, in die Kalksalze übergeführt. Der überschüssige Kalk wurde abfiltriert und aus dem Filtrate wurden im Wasserdampfstrome mit Hilfe von Phosphorsäure beide Säuren überdestilliert. In einem Teile des Destillates wurde die Essigsäure erkannt mit Hilfe der Reaktion auf Essigsäureäthylester am Geruche, sodann mit Hilfe von Eisenchlorid an der Rotfärbung des gebildeten Ferriazetates. In dem anderen Teile wurde die Ameisensäure an ihrer reduzierenden Wirkung auf Silbernitratlösung nachgewiesen.

Es war hiernach anzunehmen, dass auch im natürlichen Ackerboden die Salze dieser beiden Säuren vorkommen. Zum Nachweise derselben wurde eine grössere Menge Sandboden, 2 bis 3 kg, längere Zeit mit heissem Wasser behandelt und das Filtrat wie vorstehend mit positivem Ergebnis auf Ameisensäure und Essigsäure geprüft.

Auch Salpetersäure konnte in deutlichen Mengen in der Lösung nach der Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd nachgewiesen werden; zum Teil herrührend von der Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure, eine Oxydationswirkung des Wasserstoffsuperoxydes, die schon vor einiger Zeit in der hiesigen Versuchsstation nachgewiesen worden ist. Auch diese kann selbstverständlich ebenso wie Ameisensäure und Essigsäure mitlösend auf die Mineralstoffe wirken.

Dass aber auch organisch gebundene oder komplexe Verbindungen, besonders organisch gebundene Phosphorsäure bezw. organische Phosphorverbindungen, im Boden vorhanden sind, die durch Oxydation zerstört und dadurch löslich gemacht werden können, kann nach verschiedenen anderen Untersuchungen nicht bezweifelt werden. Hierauf beruht zweifellos die Löslichkeit von Phosphorsäure in verdünntem Ammoniak nach L. Grandeau.

Mit dem Studium der Phosphorhumusverbindungen hat sich u. a. eingehender J. Dumont[1]) befasst. Nach seiner Ansicht werden dieselben einerseits durch die chemische Wirksamkeit der im Boden vorkommenden Phosphate auf alkalische Humate, andererseits durch die Absorptionsfähigkeit des Humus gegenüber diesen Phosphaten gebildet.

C. G. Eggertz[2]) findet, dass mit steigendem Humusgehalte auch die Menge des organisch-gebundenen Phosphors steigt. Da nach Grandeau die organischen Phosphorverbindungen nach vorherigem Behandeln des Bodens mit verdünnter Salzsäure in Ammoniak gelöst und durch Abdampfen und Glühen in Phosphorsäure übergeführt werden können, so erklärt Eggertz hierdurch die günstige Wirkung einer Jauchedüngung. Letztere enthält fast keine Phosphorsäure, aber viel Ammoniak und Kali, die beide lösend einwirken, indessen weist Verfasser auch nach, dass bei Behandlung der phosphorhaltigen Humusverbindungen mit alkalischen Lösungsmitteln stets auch teilweise eine Oxydation stattfindet, bei der Phosphorsäure gebildet werden kann. Der Verfasser glaubt auch, dass durch Bakterienwirkung teilweise eine Oxydation der Phosphorhumusverbindungen zu Phosphorsäure im Boden zustande komme. Neben dieser Wirkung haben aber die organischen Bestandteile nach Eggertz noch die sehr wichtige

[1]) Comptes rendus de l'Acad. des sciences 1906, A. 143, p. 186; siehe auch Zentralblatt für Agrik.-Chemie 1907, 36, 433.

[2]) Zentralblatt für Agrik.-Chemie 1906, 35, 793.

Aufgabe, die Löslichkeit in ähnlicher Weise zu vermitteln, wie z. B. zitronensaures, weinsaures Ammon bei Eisenphosphat und Aluminiumphosphat, die bei Gegenwart dieser organischen Salze nicht durch Ammoniak gefällt werden.[1])

Nach einer Arbeit von Hartwell und Kellogg[2]) soll es unmöglich sein, mit Hilfe eines chemischen Lösungsmittels dem Boden Phosphorsäuremengen zu entziehen, die in irgend einer Beziehung zu den in der Ernte gefundenen Phosphorsäuremengen stehen, insbesondere gilt dies für organischgebundenen Phosphor. Beide Autoren finden, dass durch $\frac{n}{5}$, $\frac{n}{25}$ und $\frac{n}{100}$-Lösungen von Ammoniak bedeutend mehr Phosphorsäure dem Boden entzogen wird, als durch entsprechende Salpetersäurelösungen. In den von ihnen benutzten Böden war über die Hälfte der vorhandenen Phosphorsäure organisch gebunden.

Nach den vorstehenden Dämpf- und Oxydationsversuchen ergeben sich erheblich geringere Mengen, nämlich in Prozenten der Gesamt-Phosphorsäure nur 2—10 %, die in Form organischer Bindung vorhanden sein müssen, indes fragt es sich, ob der angewendete Dampfdruck bezw. die Oxydation hingereicht haben, alle organisch-gebundene Phosphorsäure zu lösen; auch können humusreiche Böden sich anders als die vorstehenden verhalten.

Man könnte bei den Phosphorsäure-Verbindungen an eine ähnliche Bindung wie im Lecithin denken. Es wurden daher grössere Mengen Boden mit Alkohol und Äther ausgezogen, um festzustellen, ob dadurch Phosphorverbindungen gelöst werden. Dieses gelang zwar nicht, aber das beweist nur, dass die vorhandene organisch-gebundene Phosphorsäure in anderer Form als in der des Lecithins vorhanden sein muss. Derartige andere Formen, die allerdings auch noch sämtlich in Alkohol-

---

[1]) Die Ansicht von C. G. Eggertz findet in Versuchen von E. Coppenrath keine Bestätigung. Es wurde vielmehr aus dem Sand- und lehmigen Sandboden die 6—10fache Menge von Phosphorsäure durch Ammoniak gelöst, als beim Kalk-, Lehm- und Tonboden, obschon die drei letzteren Böden einen erheblich höheren Humusgehalt aufweisen. Gelöst durch 6 %iges Ammoniak:

Boden:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Phosphorsäure	0.046 %	0.029 %	0.008 %	0.006 %	0.005 %	0.019 %
Humus	1.07 „	1.77 „	2.17 „	4.85 „	2.12 „	3.32 „

[2]) Zentralblatt für Agrik.-Chemie 1907, **36**, 577

Äther löslich sind, hat O. Hiestand von Hütten[1]) in Samen und anderen Teilen der Pflanzen nachgewiesen; er nennt diese Formen Phosphatide, die sich dadurch auszeichnen, dass sie einen Kohlenhydratkomplex enthalten. Wenn solche Verbindungen im Boden nicht nachgewiesen werden konnten, so ist doch nicht ausgeschlossen, dass durch die Mikroben im Boden ebenfalls mineralische Phosphorsäure in eine organische Bindungsform übergeführt werden kann.

Am wahrscheinlichsten aber dürfte das Vorkommen von Phosphorverbindungen im Boden in Form von Nukleïnen sein; dafür spricht die Löslichkeit von Phosphorverbindungen in Ammoniak; denn die Nukleïne sind allgemein löslich in verdünnten Alkalien. Im Moorboden sind die Nukleïne schon lange angenommen. M. Schmoeger[2]) dämpfte Moorboden, ähnlich wie wir Ackerboden, bei 130—160° und fand dann durch Ausziehen der gedämpften Masse mit Salzsäure ebensoviel Phosphorsäure als im veraschten Moor. Die Nukleïne spalten aber ihren Phosphor durch Dämpfen als Phosphorsäure (bezw. Metaphosphorsäure) ab. Eggertz und Nilson[3]) nehmen im Moorboden einen sog. „Mullkörper“ an, der einen Teil des vorhandenen Phosphors als konstituierenden Bestandteil enthalte, also der „matière noire“ Grandeaus gleich sei, während van Bemmelen[4]) einen „kolloidalen Humat-Silikat-Komplex“ annimmt, der die Phosphorsäure adsorbiert enthalte. Br. Tacke[5]) schliesst sich diesen Anschauungen an und weist durch Versuche nach, dass Moorboden, der im ursprünglichen Zustande, trotz Düngung mit allen übrigen Nährstoffen, Missernten brachte, schon nach mehrjährigem Lagern und natürlichem Austrocknen, dann aber auch nach künstlichem Trocknen (bis 180°) reichlichere Ernten mit wesentlich höherem Gehalt an Phosphorsäure lieferte. Er nimmt an, dass der Moorboden im ursprünglichen Zustande entweder gar keinen Phosphor in Form von Phosphorsäure, sondern nur Phosphor in organischen Verbindungen enthalte, die erst unter Zerfall Phosphorsäure liefern, oder dass die Phosphorsäure durch kolloidale Komplexe adsorbiert werde, die erst durch Verlust des Hydrat-

---

[1]) O. Hiestand von Hütten, Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Phosphatide. Inaug.-Dissertation Zürich 1906.

[2]) Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft 1893, 26, 386.

[3]) Zentralblatt für Agrik.-Chemie 1889, 75 und 664.

[4]) Landw. Versuchs-Stationen 1890, 347.

[5]) Mitteilungen d. Vereins zur Förderung d. Moorkultur 1894, No. 21.

wassers (Austrocknen) oder durch Einwirkung von Sauerstoff etc. Phosphorsäure abspalten bezw. für die Ernährung der Pflanzen abgeben.

Welche dieser Annahmen auch die richtige sein möge, jedenfalls erklärt sich aus diesen Beobachtungen beim Moorboden sehr wohl, dass auch der Mineralboden nach teilweiser Oxydation des Humus mit Wasserstoffsuperoxyd in Wasser lösliche Phosphorsäure liefert, die ohne vorherige Oxydation durch reines oder kohlensäurehaltiges Wasser nicht gelöst wird.

Der Umstand, dass nach der Oxydation des Humus durch Wasserstoffsuperoxyd auch bedeutend mehr Kali, Kalk und Kieselsäure als durch Behandlung mit reinem oder kohlensäurehaltigem Wasser gelöst wird, lässt die Annahme gerechtfertigt erscheinen, dass auch diese Nährstoffe entweder im adsorptiv gebundenen Zustande oder in Form von schwerlöslichen bezw. in Wasser unlöslichen komplexen Salzen, z. B. als Calcium- bezw. Kaliumhumaten bezw. -silikaten vorhanden sind, die erst durch höheren Druck oder durch Zerstörung des Humus zerlegt werden müssen, bevor sie gelöst werden können.

Ob die bei der Oxydation gebildeten Säuren, Ameisensäure, Essigsäure, Salpetersäure, die Lösung der Mineralstoffe allein oder mit bewirken, bleibt zweifelhaft. Dafür spricht der Umstand, dass bei den drei Böden (Kalk-, Ton- und Schieferboden) mit hohem Gehalt an Calciumkarbonat bezw. an Ferrihydroxyd erheblich weniger Phosphorsäure durch die Oxydation gelöst wird als bei den anderen an diesen basischen Bestandteilen armen bezw. ärmeren Böden (Sand-, Lehmiger Sand- und Lehmboden der ersten Reihe), obgleich der Kalkboden eine grosse Menge oxydationsfähigen Humus enthält. Es liegt nahe, anzunehmen, dass die gebildeten Säuren durch die in grösserer Menge vorhandenen basischen Bestandteile gebunden worden sind und keine lösende Wirkung mehr ausüben konnten. Dafür spricht auch der Umstand, dass bei dem humusreichen Sandboden, der durch Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd 35.7 mg lösliche Phosphorsäure für 100 g wasserfreien Boden lieferte, bei gleichzeitigem Zusatz von 2 g präzipitiertem Calciumkarbonat auf 100 g Boden durch Oxydation in derselben Weise nur 3.0 mg lösliche Phosphorsäure gefunden wurden.

Man kann sich aber auch denken, dass die Phosphorsäure aus der organischen Verbindung oder aus den komplexen Salzen (mit Humussäure) frei abgespalten und nun bei vorhandenen vielen unorganischen Basen (wie Ferrihydroxyd) oder Calcium-

karbonat wieder unlöslich wird. Dafür spricht die Tatsache, dass auch bei den basenreichen Böden durch Dämpfen, bei dem die durch Oxydation gebildeten freien Säuren ausgeschlossen sind, erheblich weniger Phosphorsäure als bei den basenarmen bezw. basenärmeren Böden gelöst wird, also jedenfalls ein Wiederunlöslichwerden der Phosphorsäure angenommen werden muss. Ferner spricht auch für diese Annahme der Umstand, dass sowohl durch Dämpfen wie durch Oxydation mehr oder weniger gleiche Mengen Kali gelöst werden und diese bei dem kalireichen Tonboden grösser sind als bei den anderen Böden, mit Ausnahme des lehmigen Sandbodens.

Jedenfalls gehört zur Lösung der schwerlöslichen Salze von Calcium- und Kaliumhumaten bezw. -silikaten bei den Mineralböden gegenüber den Moorböden ein stärkerer Eingriff, sei es durch höheren Druck, sei es durch Oxydation; denn während bei Moorboden schon durch einfaches Austrocknenlassen und durch Oxydation an der Luft aus der organischen Verbindung oder den komplexen Salzen Phosphorsäure abgespalten wird, wirkt eine schwache Oxydation in starker Verdünnung bei den Mineralböden nicht, und gehört auch schon ein erheblicher Druck von 3—5 Atm. dazu, um die komplexen Salze zu zerstören und in Lösung zu bringen.

II. Vegetationsversuche im Jahre 1907.

1. In den sechs ersten Böden.

Die von E. Coppenrath begonnenen Vegetationsversuche in den sechs ersten Böden wurden fortgesetzt, um festzustellen, in welchem Verhältnis die Nährstoffaufnahme der Pflanzen zu den durch Dämpfen bezw. Oxydation mit H_2O_2 gelösten Nährstoffen steht. Dieselben wurden einmal in gemauerten Kästen im Freien, das andere Mal in Gefässen im Glashause vorgenommen. Als Kulturpflanzen dienten in den grossen Kästen Gerste, in den Gefässen Hafer. Die grösseren gemauerten Kästen haben eine Tiefe von 1.5 m und einen Flächeninhalt von 3.25 qm. In die Kästen kam zunächst eine 1.00 m hohe Schicht von Kies bezw. feinem Sand und darauf eine Schicht Kulturboden von 0.5 m Höhe. Die eingefüllte Gewichtsmenge des wasserfreien Kulturbodens betrug:

I. Sandboden	II. Lehmiger Sandboden	III. Lehmboden	IV. Kalkboden	V. Tonboden	VI. Schieferboden
kg	kg	kg	kg	kg	kg
2667	2493	2663	2286	2487	2601

Die Gefässe hatten eine Höhe von 31 cm und einen Durchmesser von 24 cm. In diese wurde zuerst eine 3 cm starke Lage Kies und dann der Boden eingefüllt. So enthielten zwei Versuchsreihen folgende Mengen wasserfreien Kulturboden:

	Sandboden	Lehmiger Sandboden	Lehmboden	Kalkboden	Tonboden	Schieferboden
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
a)	15.70	13.76	15.02	13.02	12.21	15.23
b)	13.91	13.99	14.67	14.67	13.84	15.06

a) Gerstenernte in den grossen Kästen 1907.

Die grossen Kästen waren in den 3 Jahren vorher, nämlich 1904 mit Hafer, 1905 mit Kartoffeln und 1906 mit Roggen bepflanzt gewesen, indem sie gleichzeitig die vor den Dämpfversuchen eingangs (S. 9) erwähnten Düngungen erfahren hatten. Es wurden von den 6 Bodenarten an wasserfreier Pflanzensubstanz geerntet:

Pflanzenteile und Nährstoffe:	I. Sandboden	II. Lehmiger Sandboden	III. Lehmboden	IV. Kalkboden	V. Tonboden	VI. Schieferboden
	g	g	g	g	g	g
Stroh	915.8	1297.4	1299.2	1205.1	1378.6	888.9
Körner	662.7	910.0	1068.9	1073.9	1087.9	655.7
Im ganzen:	1578.5	2207.4	2368.1	2279.0	2466.5	1544.6

Gehalt der Trockensubstanz in Prozenten:

α) Stroh.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	%	%	%	%	%	%
Stickstoff	0.68	0.95	0.70	0.75	0.87	0.78
Asche	8.01	6.12	7.20	7.97	7.60	7.36
Kalk	0.56	0.59	0.52	0.90	0.46	0.49
Magnesia	0.22	0.13	0.25	0.26	0.26	0.19
Kali	1.87	1.99	1.82	1.73	1.95	1.82
Phosphorsäure	0.57	0.32	0.40	0.42	0.39	0.38

β) Körner.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Stickstoff	1.38	1.61	1.45	1.47	1.63	1.55
Asche	3.53	2.48	2.66	2.57	2.98	2.99
Kalk	nicht quantitativ bestimmt					
Magnesia	0.049	0.090	0.044	0.087	0.083	0.043
Kali	0.80	0.83	0.74	0.59	0.76	0.78
Phosphorsäure	0.41	0.56	0.57	0.57	0.64	0.42

b) Halerernte in den Gefässen 1907.

Im Frühjahr 1907 wurden die Gefässe entleert, der Boden durchgearbeitet und sodann eine Versuchsreihe (α) ohne jegliche Düngung wieder eingefüllt, die andere Versuchsreihe (β) wurde in folgender Weise gedüngt:

Für je 10 kg Boden

4.0 g $CaCO_3$ . . . . 0.0224 % Kalk
0.74 „ K_2SO_4 . . . . 0.004 „ Kali
1.38 „ 18 %iges Superphosphat . . . 0.0025 „ P_2O_5
1.20 „ $NaNO_3$ . . . . 0.00198 „ N

Am 15. Mai 1907 wurden sämtliche Gefässe mit Hafer bestellt. Regelmässig alle 2 oder 3 Tage wurden die Gefässe gewogen und das verdunstete Wasser jedesmal auf 60 % der wasserhaltenden Kraft der Böden ergänzt.

Am 20. August wurde der Hafer geerntet. Die Untersuchung der Halerernte lieferte folgende Ergebnisse:

α) Versuchsreihe mit ungedüngten Böden.

Ernte an Pflanzentrockensubstanz des Hafers:

Pflanzenteile und Nährstoffe:	I. Sandboden g	II. Lehmiger Sandboden[1] g	III. Lehmboden g	IV. Kalkboden g	V. Tonboden g	VI. Schieferboden g
Stroh	20.77	8.13	18.46	23.46	37.34	27.70
Körner	8.63	3.34	6.20	9.33	19.75	14.84
Ernte im ganzen:	29.40	11.47	24.66	32.79	57.09	42.54
Verdunstete Wassermenge im ganzen	17 200	10 325	15 520	18 605	21 480	22 590
Desgl. für 1 g Pflanzentrockensubstanz . . .	585	900	629	567	376	531

Gehalt der Trockensubstanz in Prozenten:

	Stroh.					
Stickstoff	1.00	0.94	0.90	0.88	0.87	0.72
Asche	9.28	9.91	10.70	8.28	10.73	8.72
Kalk	0.95	1.42	1.60	1.43	1.01	1.10
Magnesia	0.25	0.17	0.38	0.32	0.30	0.12
Kali	0.42	1.77	0.84	0.50	3.96	1.56
Phosphorsäure	0.36	0.17	0.33	0.20	0.14	0.15

[1]) Dieser lehmige Sandboden kann nicht mit dem in den grossen Kisten verglichen werden, weil er von einer neuen, noch wenig kultivierten Fläche stammte.

Pflanzenteile und Nährstoffe:	I. Sand-boden %	II. Lehmiger Sand-boden %	III. Lehm-boden %	IV. Kalk-boden %	V. Ton-boden %	VI. Schiefer-boden %
		Körner.				
Stickstoff	2.12	2.35	2.38	2.12	2.20	2.06
Asche	4.08	4.28	4.90	4.52	3.86	3.94
Kalk	0.11	0.35	0.49	0.70	0.21	0.21
Magnesia	0.25	0.31	0.27	0.23	0.30	0.23
Kali	0.75	1.19	0.80	0.87	0.83	0.77
Phosphorsäure	0.57	0.45	0.64	0.65	0.60	0.40

β) Versuchsreihe mit gedüngten Böden.

Ernte an Pflanzentrockensubstanz:

Pflanzenteile und Nährstoffe:	I. Sand-boden g	II. Lehmiger Sand-boden g	III. Lehm-boden g	IV. Kalk-boden g	V. Ton-boden g	VI. Schiefer-boden g
Stroh	35.28	27.11	33.59	37.60	31.14	34.45
Körner	16.14	9.38	12.90	17.44	18.26	18.01
Ernte im ganzen:	51.42	36.49	46.49	55.04	49.40	52.46
Verdunstete Wassermenge im ganzen	23 043	20 418	20 335	24 865	16 590	23 620
Desgl. für 1 g Pflanzentrockensubstanz	446	568	437	452	336	450

Gehalt der Trockensubstanz in Prozenten:

Pflanzenteile und Nährstoffe:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
		Stroh.				
Stickstoff	0.70	0.98	0.81	0.68	0.73	0.86
Asche	7.86	9.65	9.90	8.72	9.79	8.57
Kalk	0.97	1.32	1.15	1.09	0.92	1.03
Magnesia	0.17	0.32	0.24	0.25	0.36	0.28
Kali	1.17	1.27	0.86	0.88	3.18	1.85
Phosphorsäure	0.36	0.23	0.21	0.20	0.14	0.19
		Körner.				
Stickstoff	1.82	2.25	1.84	1.83	1.84	1.98
Asche	3.85	4.01	4.18	4.20	3.94	4.10
Kalk	0.21	0.32	0.26	0.21	0.27	0.32
Magnesia	0.38	0.41	0.38	0.36	0.34	nicht bestimmt
Kali	0.82	0.91	0.90	0.84	0.84	0.88
Phosphorsäure	0.63	0.49	0.65	0.66	0.67	0.58

Nach diesen Versuchen ist der prozentuale Gehalt der Pflanzentrockensubstanz an den einzelnen Bestandteilen in der ungedüngten Versuchsreihe im allgemeinen etwas niedriger als in der gedüngten Versuchsreihe; denn, wenn man von den 6 Bodenarten, die bis auf die Düngung völlig gleichmässig behandelt wurden, das Mittel nimmt, so ergeben sich für die Pflanzentrockensubstanz folgende prozentuale Mengen:

Düngung:	Stroh:					Körner:				
	Stickstoff %	Asche %	Kalk %	Kali %	Phosphorsäure %	Stickstoff %	Asche %	Kalk %	Kali %	Phosphorsäure %
Ungedüngt	0.87	9.60	1.25	1.51	0.21	2.20	4.09	0.35	0.87	0.56
Gedüngt	0.80	9.08	1.06	1.52	0.23	1.93	4.05	0.27	0.87	0.61

Das hängt zweifellos mit dem schnelleren und besseren Wachstum der Pflanzen in der gedüngten Reihe zusammen. Nur bei dem an Nährstoffen, besonders an Kali, reichen Tonboden ist der Ertrag an Pflanzentrockensubstanz in der gedüngten Reihe etwas niedriger als in der ungedüngten Reihe. Das Haferstroh von diesem Boden — nicht die Körner — enthält aber 2—8 mal mehr Kali als von den anderen Bodenarten und hat hier vielleicht die Zufuhr von Kaliumsulfat sogar schädlich gewirkt, entsprechend der Beobachtung von E. Coppenrath (l. c.), wonach eine zu starke Düngung selbst mit den üblichen Düngstoffen das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigen kann.

Infolge der höheren Ernten in der gedüngten Reihe ist aber die absolute Menge an aufgenommenen Nährstoffen im Durchschnitt grösser als in der ungedüngten Reihe; so sind im Mittel aufgenommen:

Versuchsreihen:	Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Kalk g
In der gedüngten Reihe	0.553	0.176	0.631	0.397
In der ungedüngten Reihe	0.423	0.105	0.506	0.302
In der gedüngten Reihe mehr	0.130	0.071	0.125	0.095
Im Dünger zugeführt	0.287	0.359	0.575	3.218
Von den zugeführten Nährstoffen ausgenutzt in Prozenten	45.3	19.8	21.7	2.9

Der Stickstoff ist hiernach fast bis zur Hälfte, Kali und Phosphorsäure sind bis zu $^1/_5$ ausgenutzt, während der Kalk fast ganz als Vorrat im Boden verblieben ist und nur eine geringe Mehraufnahme bewirkt hat.

Die Wasserverdunstung anlangend, so geht dieselbe im allgemeinen der erzeugten Pflanzentrockensubstanz parallel. Die für 1 g erzeugte Pflanzentrockensubstanz berechnete Menge verdunsteten Wassers zeigt aber bei den einzelnen Böden in beiden Versuchsreihen erhebliche Schwankungen, die in verschiedenen Umständen ihre Ursache haben. Zunächst entspricht die für 1 g Pflanzentrockensubstanz vorstehend berechnete Menge verdunsteten Wassers nicht allein der Wasserverdunstung durch die Pflanzen, sondern schliesst auch die gleichzeitig vom Boden verdunstete Menge Wasser mit ein. Aus dem Grunde ist sie in den mit lehmigem Sandboden II gefüllten Töpfen, der in beiden Reihen die geringsten Ernten geliefert hat, wo also der Boden am wenigsten beschattet war, am höchsten, nämlich:

In der ungedüngten Reihe 900 g gegen 376—629 g bei den anderen Böden.
" " gedüngten " 568 " " 336—450 " " " " "

Weiter ist die Wasserverdunstung bei den einzelnen Böden von der wasserhaltenden Kraft abhängig, nämlich um so grösser, je geringer die letztere und umgekehrt. Das macht sich auch hier geltend, indem sich ergibt:

Bodenarten:	Wasserhaltende Kraft:[1]		Wasserverdunstung für 1 g Pflanzentrockensubstanz:	
	Schwankungen %	Mittel %	ungedüngt g	gedüngt g
Die 3 ersten Böden . .	24.97—32.28	29.38	705	491
Die 3 letzten Böden . .	34.18—40.77	36.65	484	413

Auch die Hygroskopizität war bei den 3 ersten Böden geringer (0.98—3.59, im Mittel 2.13 %), bei den 3 letzteren dagegen (3.17—7.69, im Mittel 5.00 %). Infolge der stärkeren wasserhaltenden Kraft werden naturgemäss die letzteren 3 Böden (Kalk-, Ton- und Schieferboden) das Wasser nicht so schnell abgeben als erstere Böden (Sand-, lehmiger Sand- und Lehmboden) und hierdurch ist besonders bei trockner Witterung vorwiegend ihre Überlegenheit über letztere Böden mitbedingt.

[1]) Nach den früheren Untersuchungen von E. Coppenrath (l. c.).

Als dritter Umstand für die verschiedene Wasserverdunstung für 1 g Pflanzentrockensubstanz in beiden Reihen muss endlich die Düngung benannt werden, wie schon vorstehende Zahlen, dann aber auch die Mittelwerte sämtlicher 6 Bodenarten beider Reihen zeigen; es sind nämlich im Mittel für 1 g Pflanzentrockensubstanz verdunstet:

Ungedüngte Reihe	Gedüngte Reihe
598 g	448 g

Diese Zahlen bestätigen die schon mehrfach gemachte Beobachtung, dass die Düngesalze das Wasser im Boden binden und zur regelmässigeren Wasserversorgung der Pflanzen beitragen.

Nach HELLRIEGEL kann unter unseren klimatischen Verhältnissen die Wasserverdunstung für 1 g Hafer-Trockensubstanz zu 350 g angenommen werden. Hiermit stehen die vorstehenden Mittelwerte unter gleichzeitiger Berücksichtigung der besonderen erwähnten Umstände in befriedigendem Einklang, wenn man gleichzeitig bedenkt, dass die Wasserverdunstung in den Versuchen, in denen der Boden auf einer regelmässigen Feuchtigkeitsmenge von 60 % der wasserhaltenden Kraft gehalten wurde, grösser sein musste, als von Pflanzen und Boden unter natürlichen Verhältnissen mit schwankendem und geringerem Wassergehalt des Bodens.

2. Vergleichung der Mengen der durch Dämpfen bezüglich Oxydation gelösten Bodennährstoffe mit den von den Pflanzen aufgenommenen Mengen.

Nach E. COPPENRATH enthalten die grossen Kästen bei 20 ccm Bodentiefe = 0.744 cbm folgende Bodenmenge, ausgedrückt in Kilogramm:

Sandboden	Lehmiger Sandboden	Lehmboden	Kalkboden	Tonboden	Schieferboden
kg	kg	kg	kg	kg	kg
1105.6	979.1	1050.5	877.9	1047.6	1002.9

Die kleinen Gefässe im Glashause ergeben bei 20 cm Bodentiefe im Mittel der beiden Reihen folgende Mengen Boden, ausgedrückt in Kilogramm:

9.89	9.24	10.00	8.44	8.69	10.09

Nach E. Coppenraths Vorgange wurden auch hier die nach dem Dämpfen erhaltenen, für 100 g Boden gefundenen Gehalte mit den absoluten Bodenmengen multipliziert und diese Menge mit der in der Ernte gefundenen Menge Nährstoffe verglichen, um zu ermitteln, ob und in welchen Beziehungen die durch Dämpfen gelösten zu den von den Pflanzen aufgenommenen Mengen Nährstoffen stehen.

Die durch Oxydation des Humus gefundenen löslichen Nährstoffe mögen einstweilen von dem Vergleich ausgeschlossen bleiben, weil diese Werte nicht so beständig und sicher sind, als die durch Dämpfen erhaltenen Werte. Im allgemeinen sind erstere, wie wir gesehen haben, etwas höher als letztere.

Die eine Reihe der Gefässe im Glashause erhielt nach S. 13 im Jahre 1907 eine Düngung und zwar betrug dieselbe für 20 cm Bodentiefe:

Nährstoffe:	Sand-boden g	Lehmiger Sand-boden g	Lehm-boden g	Kalk-boden g	Ton-boden g	Schiefer-boden g
Stickstoff	0.198	0.185	0.200	0.169	0.174	0.202
Phosphorsäure	0.247	0.230	0.250	0.210	0.212	0.252
Kali	0.396	0.370	0.400	0.338	0.357	0.404
Kalk	2.027	2.069	2.240	1.890	1.942	2.260

In den folgenden Tabellen ist diese Düngung vom Jahre 1907 zu den durch Dämpfen gefundenen Mengen addiert.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind folgende:

(Siehe die Tabellen auf S. 39—41.)

Aus vorstehenden Versuchen ergeben sich manche wertvolle Beziehungen, nämlich:

1. Wenn man die nach der in den grossen Kästen gewonnenen Gerstenernte im Boden verbleibenden, durch Dämpfen löslichen Nährstoffe zu den von den Pflanzen aufgenommenen addiert und mit den vor der Ernte im Boden vorhandenen Nährstoffen vergleicht, so ergibt sich für Phosphorsäure und Kalk in 4 Fällen eine Ab- und in 2 Fällen eine Zunahme. Die Abnahme könnte bei Phosphorsäure darauf zurückgeführt werden, dass sie während des Wachstums der Pflanzen in einen unlöslichen Zustand übergeführt ist,

(Fortsetzung des Textes auf S. 42.)

1. Versuche in den Kästen im Freien.

Nährstoffe und ihr Verhalten:	I. Sandboden g	II. Lehmiger Sandboden g	III. Lehmboden g	IV. Kalkboden g	V. Tonboden g	VI. Schieferboden g
1. Gesamtstickstoff.						
Gesamtstickstoff im Boden	1072.43	1370.74	1817.36	1799.69	1571.40	1825.27
Stickstoff in der Gerste	15.37	26.97	24.59	24.83	29.72	17.09
Stickstoff aufgenommen in Prozenten des gesamten Bodenstickstoffs	1.43	1.96	1.35	1.38	1.90	0.93
2. Phosphorsäure.						
Phosphorsäure bis zu 20 cm Bodentiefe löslich durch Dämpfen	102.82	64.62	96.65	18.44	18.86	62.18
Aufgenommen durch Gerste	7.94	9.25	11.29	11.18	12.34	6.13
Nach der Ernte löslich durch Dämpfen	66.58	33.30	40.96	17.56	20.95	48.14
Menge in den Pflanzen + Rückstand im Boden weniger (—) oder mehr (+) als zu Anfang des Versuches	— 28.30	— 22.07	— 44.40	+ 10.30	+ 14.43	— 7.91
3. Kali.						
Kali bis zu 20 cm Bodentiefe löslich durch Dämpfen	54.17	98.89	66.18	54.43	112.09	68.20
Aufgenommen durch Gerste	22.42	33.37	31.55	27.19	35.15	21.29
Nach der Ernte löslich durch Dämpfen	51.96	68.54	39.92	37.75	93.24	60.17
Menge in den Pflanzen + Rückstand im Boden mehr (+) oder weniger (—) als zu Anfang des Versuches	+ 20.21	+ 3.01	+ 5.29	+ 10.51	+ 16.30	+ 13.26
4. Kalk.						
Kalk bis zu 20 cm Bodentiefe löslich durch Dämpfen	350.4	463.1	1233.3	1140.4	930.3	601.7
Aufgenommen durch Gerste	5.13	7.65	6.76	10.85	6.34	4.35
Nach der Ernte löslich durch Dämpfen	305.1	355.4	826.7	1302.8	766.8	599.7
Menge in den Pflanzen + Rückstand im Boden mehr (+) oder weniger (—) als zu Anfang des Versuches	— 40.17	— 100.05	— 399.84	+ 173.25	— 157.16	+ 3.25

2. Versuche in den Gefässen im Glashause.

Nährstoffe und ihr Verhalten:	I. Sand-boden g	II. Lehmiger Sand-boden g	III. Lehm-boden g	IV. Kalk-boden g	V. Ton-boden g	VI. Schiefer-boden g
1. Gesamtstickstoff.						
Stickstoff bis 20 cm Bodentiefe:						
a) ohne Düngung	1.058	1.081	1.520	1.620	1.191	1.695
b) mit Düngung	1.256	1.266	1.720	1.789	1.365	1.897
Aufgenommen durch Hafer:						
a) aus dem ungedüngten Boden	0.391	0.154	0.314	0.404	0.759	0.505
b) aus dem gedüngten Boden	0.541	0.477	0.509	0.575	(0.563)	0.653
Durch die Pflanzen mehr (+) oder weniger (—) aufgenommen als durch den Dünger zugeführt	— 0.048	(+ 0.138)	— 0.005	+ 0.002	—	— 0.054
Ausnutzung in Prozenten	76	174	98	101	—	73
2. Phosphorsäure.						
Phosphorsäure bis zu 20 cm Bodentiefe (nach der Ernte 1906):						
Dämpfen	0.506	0.259	0.320	0.185	0.139	0.272
+ Düngung 1907	0.753	0.489	0.570	0.385	0.354	0.524
Aufgenommen durch Hafer:						
a) aus dem ungedüngten Boden	0.124	0.029	0.101	0.108	0.170	0.102
b) aus dem gedüngten Boden	0.229	0.108	0.154	0.190	0.165	0.169
Durch die Pflanzen mehr (+) oder weniger (—) aufgenommen als im Dünger zugeführt	— 0.104	— 0.151	— 0.196	— 0.138	—	— 0.215
Ausnutzung in Prozenten	42	34	21	39	—	26

Nährstoffe und ihr Verhalten:	I. Sand-boden g	II. Lehmiger Sand-boden g	III. Lehm-boden g	IV. Kalk-boden g	V. Ton-boden g	VI. Schiefer-boden g
3. Kali.						
Kali bis zu 20 cm Bodentiefe (nach der Ernte 1906):						
Dämpfen	0.227	0.296	0.380	0.211	0.678	0.323
+ Düngung 1907	0.623	0.666	0.780	0.549	1.035	0.727
Aufgenommen durch Hafer:						
a) aus dem ungedüngten Boden	0.152	0.184	0.205	0.198	1.643	0.546
b) aus dem gedüngten Boden	0.545	0.420	0.405	0.477	(1.143)	0.795
Durch die Pflanzen mehr (+) oder weniger (—) aufgenommen als durch die Düngung zugeführt	± 0	— 0.134	— 0.200	— 0.059	—	— 0.155
Ausnutzung in Prozenten	100	64	50	82	—	61
4. Kalk.						
Kalk bis zu 20 cm Bodentiefe löslich (nach der Ernte 1906):						
durch Dämpfen	2.027	1.007	7.620	11.908	7.473	5.660
+ Düngung 1907	4.242	3.076	9.860	13.798	9.414	7.920
Aufgenommen durch Hafer:						
a) aus dem ungedüngten Boden	0.206	0.126	0.325	0.400	0.418	0.336
b) aus dem gedüngten Boden	0.376	0.388	0.420	0.447	(0.335)	0.413

wahrscheinlicher aber dürfte sein, dass — sofern nicht Versuchsfehler vorliegen — in den Fällen, wo für Phosphorsäure und Kalk eine Abnahme auftritt, die organischen Stoffe während des Pflanzenwachstums oxydiert worden sind und keine so starke Lösung wie vor dem Versuch bewirken konnten.

Bemerkenswert aber ist, dass die Summe der von den Pflanzen aufgenommenen Menge Kali + der noch im Boden nach der Ernte vorhandenen, durch Dämpfen löslichen Menge Kali übereinstimmend bei allen Böden grösser ist; als vor dem Versuch; das deutet zweifellos darauf hin, dass auch während des Pflanzenwachstums Kali aus Silikaten löslich gemacht wird.

2. Die Wirkung und Ausnutzung der Düngung in der gedüngten Reihe der Gefässversuche ist schon S. 37 besprochen. Dort ist die Ausnutzung der gesamten zugesetzten Menge Nährstoffe (für das gesamte Bodengewicht) und im Mittel aller Versuche bereits mitgeteilt. Wenn man die Nährstoffmenge, die im Dünger zugesetzt wurde, nur für 20 cm Bodentiefe berechnet, so ergibt sich in Prozenten natürlich eine höhere Ausnutzung, aber die Beziehungen zwischen den einzelnen Nährstoffen und Böden bleiben dieselben. Über eine Erklärung der Beobachtung, dass auf dem Tonboden durch die Düngung im Gegensatz zu allen anderen Böden weniger geerntet wurde, als ohne Düngung, vergl. S. 35.

3. Die Beziehungen zwischen den durch Dämpfen der Böden gelösten Nährstoffen und den von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffen treten am besten hervor, wenn nach dem früheren Vorgange der Sandboden als Einheit (= 100) gesetzt wird und die übrigen Werte auf diese Einheit umgerechnet werden. Gleichzeitig ist ausgedrückt, wieviel der durch Dämpfen gelösten Nährstoffe in Prozenten in die Pflanzen übergegangen ist. Bei der gedüngten Reihe sind, wie es oben schon geschehen ist, die Düngewerte zu den beim Dämpfen gefundenen Werten addiert und die hierbei gefundenen Zahlen in Rechnung gezogen. Es ergeben sich folgende relative Beziehungen:

1. Gesamtstickstoff.

Verhalten im Boden und in den Pflanzen:	I. Sandboden	II. Lehmiger Sandboden	III. Lehmboden	IV. Kalkboden	V. Tonboden	VI. Schieferboden
a) In den grossen Kästen im Freien.						
Stickstoffverhältnis im Boden	100	127	169	167	146	170
Desgl. in der geernteten Gerste . . .	100	176	160	161	194	111
Aufgenommen durch Gerste in Prozenten des Bodenstickstoffs	1.43	1.96	1.35	1.38	1.90	0.93
b) In den kleinen Gefässen im Glashause.						
Stickstoffverhältnis im Boden:						
α) in den ungedüngten Böden . .	100	102	139	153	111	160
β) in den gedüngten Böden . . .	100	102	143	151	111	159
Desgl. im Hafer:						
α) in den ungedüngten Böden . .	100	39	81	103	194	129
β) in den gedüngten Böden . . .	100	88	94	106	104	120
Aufgenommen in Prozenten des durch Dämpfen löslichen Bodenstickstoffes:						
α) aus den ungedüngten Böden .	36.95	14.24	20.66	24.94	63.73	29.79
β) aus den gedüngten Böden . .	43.07	37.68	29.59	32.14	(41.34)	34.47

Beim Lehmboden und Kalkboden haben wir ein fast gleiches Stickstoffverhältnis im Boden, dementsprechend sind auch durch Gerste und Hafer prozentual die gleichen Stickstoffmengen dem Boden entzogen worden. Das Stickstoffverhältnis ist bei den gedüngten und ungedüngten Böden das gleiche geblieben. Mit Ausnahme des Tonbodens hat aber auch demgemäss der auf dem gedüngten Boden gezogene Hafer eine ziemlich gleichmässig grössere Menge des Bodenstickstoffs aufgenommen, als bei den ungedüngten Böden.

(Siehe die Tabelle 2. Phosphorsäure auf S. 44.)

Die durch Dämpfen gefundene Menge Phosphorsäure steht in keinem Verhältnis zu der von den Pflanzen aufgenommenen Menge. Diese Ansicht hatte E. Coppenrath schon bei seinen Versuchen für das Dämpfverfahren ausgesprochen. Auch hier ist gerade beim Kalk- und Tonboden vom Hafer die grösste Menge aufgenommen, während aus diesen Böden durch Dämpfen bedeutend weniger gelöst wurde, als z. B. aus dem Sandboden oder dem lehmigen Sandboden. Der Hafer, der bei der gedüngten Reihe geerntet wurde, hat gerade bei den letzteren beiden Böden prozentual eine grössere Menge der Bodenphos-

phorsäure aufgenommen als bei den ungedüngten. Bei den übrigen Böden hat die Düngung keine Wirkung erzielt, die prozentualen Werte sind sogar zurückgegangen.

2. Phosphorsäure.

Verhalten im Boden und in den Pflanzen:	I. Sandboden	II. Lehmiger Sandboden	III. Lehmboden	IV. Kalkboden	V. Tonboden	VI. Schieferboden
a) In den grossen Kästen im Freien.						
Phosphorsäureverhältnis im Boden durch Dämpfen	100	63	93	17	17	60
Desgl. in der Gerste	100	116	141	140	155	77
Aufgenommen in Prozenten der durch Dämpfen löslichen Bodenphosphorsäure	7.7	14.3	11.7	60.6	65.4	9.8
b) In den kleinen Gefässen im Glashause.						
Phosphorsäureverhältnis im Boden durch Dämpfen:						
α) ungedüngte Reihe	100	51	63	36	27	53
β) gedüngte Reihe	100	64	75	51	46	69
Desgl. im Hafer:						
α) ungedüngte Reihe	100	23	81	87	138	82
β) gedüngte Reihe	100	65	67	83	(71)	73
Aufgenommen in Prozenten der durch Dämpfen löslichen Bodenphosphorsäure:						
α) aus der ungedüngten Reihe	24.3	11.2	31.6	62.7	(122.9)	37.5
β) aus der gedüngten Reihe	30.4	22.1	27.0	48.1	(46.6)	32.2

3. Kali.

Verhalten im Boden und in den Pflanzen:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
a) In den grossen Kästen im Freien.						
Kaliverhältnis im Boden durch Dämpfen	100	182	116	101	196	119
Desgl. in der Gerste	100	149	140	121	156	95
Aufgenommen durch die Gerste in Prozenten des durch Dämpfen löslichen Bodenkalis	34.3	33.7	47.6	49.9	31.3	31.2
b) In den kleinen Gefässen im Glashause.						
Kaliverhältnis durch Dämpfen:						
α) im ungedüngten Boden	100	129	167	92	298	141
β) im gedüngten Boden	100	97	125	88	164	116
Desgl. im Hafer:						
α) im ungedüngten Boden	100	121	154	130	1066	358
β) im gedüngten Boden	100	77	73	87	(209)	145
Aufgenommen in Prozenten des durch Dämpfen gelösten Bodenkalis:						
α) ungedüngter Boden	67.0	62.3	61.5	93.8	242	169
β) gedüngter Boden	87.6	69.5	51.6	87.0	110	109

Beim Kali ist das Verhältnis zwischen der von den Pflanzen aufgenommenen und der aus dem Boden gelösten Menge ziemlich regelmässig. Es ist von den Pflanzen nicht mehr Kali aufgenommen als gelöst worden ist. Sehr deutlich ist die Wirkung der Kalidüngung zu bemerken; während der Hafer in der ungedüngten Reihe aus dem erschöpften Sandboden nur noch geringe Mengen aufnehmen konnte, so dass z. B. das Verhältnis zwischen Sand- und Tonboden 100 : 1066 ist, ist dasselbe in der gedüngten Reihe 100 : 209.

4. Kalk.

Für den Kalk lassen sich keine bestimmten Beziehungen erkennen, weil die von den Pflanzen aufgenommenen im Verhältnis zu den durch Dämpfen gelösten Mengen Kalk gering sind, wie folgende Tabelle zeigt:

Verhalten im Boden und in den Pflanzen:	I. Sandboden	II. Lehmiger Sandboden	III. Lehmboden	IV. Kalkboden	V. Tonboden	VI. Schieferboden
a) In den grossen Kästen im Freien.						
Kalkverhältnis im Boden durch Dämpfen	100	132	352	325	265	171
Desgl. in der Gerste	100	149	121	211	123	84
Aufgenommen in Prozenten des durch Dämpfen gelösten Bodenkalkes . .	1.4	1.7	0.5	0.9	0.6	0.7
b) In den kleinen Gefässen im Glashause.						
Kalkverhältnis durch Dämpfen:						
α) im ungedüngten Boden . . .	100	49	376	589	370	280
β) im gedüngten Boden	100	79	194	255	182	162
Desgl. im Hafer:						
α) im ungedüngten Boden . . .	100	61	156	194	202	166
β) im gedüngten Boden	100	103	111	118	89	110
Aufgenommen in Prozenten des durch Dämpfen gelösten Bodenkalkes:						
α) ungedüngter Boden	10.1	12.4	4.2	3.3	5.5	5.9
β) gedüngter Boden	3.4	2.6	2.8	2.5	3.5	3.4

3. Vegetationsversuche in den neuen 3 Böden in Gefässen

mit zwei Lehmböden von Soest und einem Sandboden von Lavesum.

Die verwendeten Vegetationsgefässe hatten 18 cm Durchmesser und 30 cm Höhe; je zwei Töpfe enthielten wasserfreien Boden:

Lehmboden A	Lehmboden B	Sandboden
13.96 kg	13.48 kg	13.85 kg

Die Höhe der Bodenschicht betrug 25 cm, nimmt man 20 cm als nährfähige Bodenschicht an, so enthielten je zwei Töpfe:

11.17 kg	10.78 kg	11.08 kg

Es wurden je drei Reihen von Versuchen gebildet:

Reihe I blieb ungedüngt;

„ II erhielt für 1 kg Boden 0.5 g Kalk, 0.02 g Stickstoff, 0.0375 g Kali;

„ III erhielt für 1 kg Boden 0.5 g Kalk, 0.02 g Stickstoff, 0.0225 g Phosphorsäure.

Die Töpfe wurden Anfang Mai mit Hafer bestellt, die Ernte erfolgte Ende August.

Ernte an Pflanzentrockensubstanz:

	Stroh g	Körner g	Gesamt g	Wasserverdunstung g	Für 1 g Trockensubstanz g
			Lehmboden A.		
Reihe I . . .	52.16	24.73	76.89	28 463	370
„ II . . .	60.32	24.65	84.49	34 529	407
„ III . . .	60.29	22.10	82.25	34 754	422
			Lehmboden B.		
Reihe I . . .	52.38	25.10	77.48	30 305	391
„ II . . .	55.61	21.82	77.43	31 562	404
„ III . . .	56.55	24.71	87.26	31 980	394
			Sandboden.		
Reihe I . . .	29.39	13.65	43.04	16 785	390
„ II . . .	46.70	18.11	64.81	26 728	413
„ III . . .	49.26	21.75	71.01	31 262	439

Gehalt der Trockensubstanz in Prozenten:

	Stroh:						Körner:					
	Asche %	Stickstoff %	Kalk %	Magnesia %	Kali %	Phosphorsäure %	Asche %	Stickstoff %	Kalk %	Magnesia %	Kali %	Phosphorsäure %
Lehmboden A.												
Reihe I . .	9.48	0.68	0.91	0.29	1.06	0.20	4.22	1.95	0.24	0.27	0.92	0.40
" II . .	11.07	0.84	1.03	0.28	1.22	0.23	5.08	1.98	0.27	0.27	0.77	0.42
" III . .	10.03	0.87	1.08	0.25	0.83	0.28	4.78	2.00	0.27	0.28	0.98	0.51
Lehmboden B.												
Reihe I . .	9.96	0.58	0.86	0.24	1.16	0.28	4.45	1.94	0.31	0.26	0.85	0.36
" II . .	10.65	0.87	0.90	0.29	1.38	0.27	5.82	2.15	0.23	0.28	0.97	0.44
" III . .	10.60	0.79	0.94	0.30	0.82	0.33	4.69	2.01	0.27	0.22	0.88	0.58
Sandboden.												
Reihe I . .	9.48	1.43	1.69	0.37	1.51	0.20	3.91	2.77	0.31	0.27	1.01	0.34
" II . .	9.93	1.45	1.46	0.31	1.80	0.23	4.18	2.74	0.40	0.30	0.86	0.44
" III . .	9.34	1.25	1.42	0.33	1.20	0.22	3.62	2.64	0.31	0.30	0.93	0.58

Hieraus berechnen sich folgende aufgenommene absolute Mengen:

<table>
<tr><th colspan="3">Lehmboden A.</th><th colspan="3">Lehmboden B.</th><th colspan="3">Sandboden</th></tr>
<tr><th>I.</th><th>II.</th><th>III.</th><th>I.</th><th>II.</th><th>III.</th><th>I.</th><th>II.</th><th>III.</th></tr>
<tr><th>g</th><th>g</th><th>g</th><th>g</th><th>g</th><th>g</th><th>g</th><th>g</th><th>g</th></tr>
<tr><td colspan="9">1. Stickstoff.</td></tr>
<tr><td>0.836</td><td colspan="2">0.979</td><td>0.796</td><td colspan="2">0.947</td><td>0.798</td><td colspan="2">1.173</td></tr>
<tr><td colspan="9">2. Phosphorsäure.</td></tr>
<tr><td>0.204</td><td>—</td><td>0.281</td><td>0.237</td><td>—</td><td>0.317</td><td>0.105</td><td>—</td><td>0.231</td></tr>
<tr><td colspan="9">3. Kali.</td></tr>
<tr><td>0.781</td><td>0.955</td><td>—</td><td>0.821</td><td>0.975</td><td>—</td><td>0.580</td><td>0.980</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="9">4. Kalk.</td></tr>
<tr><td>0.534</td><td colspan="2">0.697</td><td>0.528</td><td colspan="2">0.573</td><td>0.539</td><td colspan="2">0.758</td></tr>
</table>

Vergleich der durch Dämpfen bei 5 Atm. gelösten Nährstoffe mit den von den Pflanzen aufgenommenen Mengen:

	Lehmboden a. g	Lehmboden b. g	Sandboden g
1. Gesamtstickstoff.			
Stickstoff bis 20 cm Tiefe ungedüngt . . .	19.20	17.35	19.05
Aufgenommen durch Hafer	0.836	0.796	0.798
In Prozenten	4.35	4.58	4.18
Stickstoff + Düngung bis 20 cm Tiefe . .	19.42	17.57	19.27
Aufgenommen durch Hafer	0.979	0.947	1.173
In Prozenten	5.04	5.39	6.08
Weniger aufgenommen als zugeführt . . .	— 0.077	— 0.069	+ 0.375
Ausnutzung in Prozenten	65.0	68.7	170.4
2. Phosphorsäure.			
Phosphorsäure bis 20 cm Tiefe ungedüngt .	1.150	1.056	0.809
Aufgenommen durch Hafer	0.204	0.237	0.105
In Prozenten	17.8	22.4	12.9
Phosphorsäure + Düngung bis 20 cm Tiefe	1.402	1.295	1.058
Aufgenommen durch Hafer	0.281	0.317	0.231
In Prozenten	20.0	24.5	21.8
Weniger aufgenommen als zugeführt . . .	— 0.185	— 0.159	— 0.132
Ausnutzung in Prozenten	30.5	33.5	50.6
3. Kali.			
Kali bis 20 cm Tiefe ungedüngt	0.659	0.819	0.609
Aufgenommen durch Hafer	0.781	0.821	0.580
In Prozenten	118.4	100.2	95.2
Kali + Düngung bis 20 cm Tiefe	1.078	1.223	1.024
Aufgenommen durch Hafer	0.955	0.975	0.980
In Prozenten	88.6	79.8	95.6
Weniger aufgenommen als zugeführt . . .	— 0.245	— 0.250	— 0.015
Ausnutzung in Prozenten	41.5	38.1	96.4
4. Kalk.			
Kalk bis 20 cm Tiefe ungedüngt	11.22	11.38	2.760
Aufgenommen durch Hafer	0.534	0.528	0.539
In Prozenten	4.76	4.55	19.9
Kalk + Düngung bis 20 cm Tiefe	15.68	15.69	7.160
Aufgenommen durch Hafer	0.697	0.573	0.758
In Prozenten	4.44	3.65	10.4

Diese Versuche lassen im allgemeinen dieselben Beziehungen hervortreten, als die ersten. Die Wasserverdunstung zeigt hier für die gleiche Menge erzeugter Pflanzentrockensubstanz eine grössere Übereinstimmung als in den ersten Versuchen, weil hier die Böden gleichmässiger als im ersten Falle durch Pflanzen beschattet waren. Der prozentuale Gehalt der Trockensubstanz an Nährstoffen ist hier nur beim Sandboden für die gedüngten Pflanzen infolge des üppigeren Wachstums durchweg etwas niedriger als für die ungedüngten Pflanzen; auf ihm hat auch die Düngung die grösste Wirkung gezeigt, während der Mehrertrag bei den Lehmböden durch die Düngung entsprechend den Erfahrungen in der Praxis nur eine geringe war. Dementsprechend ist auch die Ausnutzung der zugeführten Nährstoffe auf dem Sandboden eine grössere als auf den Lehmböden.

Vergleicht man die durch fünfstündiges Dämpfen bei 5 Atm. gefundenen Mengen löslicher Nährstoffe mit den durch die Pflanzen aufgenommenen Mengen, so treten auch hier nur für Kali befriedigende Beziehungen heraus, wie folgende Zahlen zeigen, wenn man die Werte für Sandboden = 100 setzt:

Ungedüngt:	Sandboden		Lehmboden A.		Lehmboden B.
Verhältnis der durch Dämpfen gelösten Menge Kali	100	:	108	:	134
Desgl. der durch die Pflanzen aufgenommenen Menge	100	:	134	:	142
Gedüngt:					
Verhältnis der durch Dämpfen gelösten Menge Kali	100	:	105	:	119
Desgl. der durch die Pflanzen aufgenommenen Menge	100	:	97	:	99

Die durch fünfstündiges Dämpfen bei 5 Atm. aus den Böden gelösten Mengen Kali scheinen daher in der Tat in naher Beziehung zu den für die Pflanzen aufnehmbaren Mengen Kali zu stehen. Indes muss bei der Verschiedenartigkeit der Ackerböden dieses Ergebnis noch durch weitere Untersuchungen nachgeprüft werden.

B. Der osmotische Druck des Bodens.

Der osmotische Druck gibt einen Ausdruck für die Molekular- und Dissoziationsgrösse von Salzlösungen. Er würde daher auch zweifellos für die Beurteilung des Löslichkeitsgrades der Salze im Boden und damit für die Frage der Ertragsfähigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens wertvoll werden können, wenn er sich mit Rücksicht auf die geringen Mengen von Salzen bezw. löslichen Bestandteilen im Boden mit genügender Sicherheit feststellen liesse. Weil letztere nur langsam einwirken, so muss die anzuwendende hemipermeable Membran neben einer genügenden Festigkeit zunächst eine besondere Dauerhaftigkeit besitzen und gerade diese Eigenschaft haben alle bisher dargestellten Membrane nicht gezeigt. Bei stärkeren Drucken wurde in sehr vielen Fällen die bisher übliche Membran von Ferrocyankupfer undicht; man suchte diesen Übelstand dadurch zu beseitigen, dass man die Versuche bei gleichzeitiger Anwesenheit der beiden Membranbildner (Ferrocyankalium und Kupfersulfat) anstellte, wodurch ein etwa entstehender Riss gleich wieder geschlossen wurde. Dieses Verfahren ist aber für die Bestimmung des osmotischen Druckes des Bodens nicht anwendbar, weil die Membranbildner auf die Bestandteile des Bodens chemisch einwirken können.

W. Pfeffer[1]) erzeugte in Verbesserung der ersten Traubeschen kolloidalen Niederschlagsmembran die hemipermeable Membran in einem porösen Tonzylinder; da hierbei die Membran in die Porzellanmasse eingelagert wurde, so erhielt sie eine grössere Festigkeit. Pfeffer arbeitete gewöhnlich in der Weise, dass er die Porzellanzylinder mit einer 3 %igen Kupfersulfatlösung vollkommen tränkte, sie darauf mit Wasser einige Male ausspülte, oberflächlich abtrocknete, sie nun mit einer 3 %igen Ferrocyankaliumlösung füllte und gleichzeitig in die 3 %ige Kupfersulfatlösung brachte. Hatten beide Lösungen einige Tage aufeinander eingewirkt und die Membran von Ferrocyankupfer eine gewisse Dicke erlangt, so waren die Rohre zum Gebrauch fertig. Pfeffer benutzte bei fast allen seinen Versuchen die gleichzeitige Anwesenheit der Membranbildner und zwar eine 0.1 %ige Kupfersulfat- und eine 0.09 %ige Ferrocyankalium-

[1]) W. Pfeffer, Osmotische Untersuchungen. Leipzig 1877.

lösung. Bei diesem Konzentrationsverhältnis stehen die beiden Membranbildner annähernd in osmotischem Gleichgewicht.

G. Tamman[1]) glaubte bei der Herstellung der Membran günstigere Ergebnisse zu erzielen, wenn er an Stelle der 3 %igen Lösungen bedeutend stärkere in Anwendung brachte. Er benutzte eine 24.91 %ige Kupfersulfat- und eine 14.93 %ige Ferrocyankaliumlösung, gleichzeitig übte er auf die Aussen- und Innenflüssigkeit einen Druck aus, der allmählich bis 3000 mm Quecksilber stieg. Hierdurch sollte die Membran dichter und weniger dehnbar werden. Auch Tamman arbeitete bei gleichzeitiger Anwesenheit der Membranbildner, indem er den Druckunterschied der Kupfersulfat- und Ferrocyankaliumlösung bestimmte und diesen Wert bei den eigentlichen Messungen mit in Rechnung stellte.

Paul Waldon[2]) benutzte kleine 50 mm lange zylindrische Röhrchen von Porzellan, die an einem Ende geschlossen waren und tauchte dieselben unter Verschluss der einen Öffnung in eine 30—40° warme Gelatinelösung. Nach Abwaschen der anhaftenden Gelatine setzte er die Röhrchen dem Lichte aus, wodurch die Gelatine in eine in Wasser unlösliche Form überging. Als Membranbildner benutzte er eine 5—10 %ige Ferrocyankalium- und 2—5 %ige Kupfersulfatlösung. P. Waldon untersuchte vorwiegend den Durchtritt verschiedener Salze durch die Ferrocyankupfer-Membran. Earl of Berkely und Hartley[3]) lagerten die Membran auf zylindrische Tonrohre äusserlich auf. Zur Verstärkung der Membran benutzten sie den elektrischen Strom. Die so erhaltene Membran ist zur Messung sehr hoher Drucke — bis zu 120 Atmosphären — geeignet; für die Messung geringer Drucke, wie sie bei Bodenlösungen in Frage kommen, erwies sich aber eine solche Membran als viel zu dicht.

Die zwei ersten von uns[4]) haben daher schon früher versucht, durch gleichzeitige Anwendung von Leimlösung und

---

[1]) Zeitschrift für physikalische Chemie 1892, 9, 2.

[2]) Paul Waldon, Diffusionserscheinungen an Niederschlagsmembranen, Zeitschrift für physikalische Chemie 1892.

[3]) Procedings of the Royal Society of England 1904, 73, 436.

[4]) Landw. Versuchs-Stationen 1906, 63, 47.

Formaldehyd eine haltbare Membran von Ferrocyankupfer herzustellen und haben damit gute Erfolge erzielt. Wir haben nach diesem Verfahren weiter gearbeitet aber versucht, dasselbe noch zu vervollkommnen.

Zur Herstellung von geeigneten Membranen auch nach diesem Verfahren sind zunächst gleichmässig beschaffene Tonzellen von gewisser Wasserdurchlässigkeit erforderlich. Wir wählten für diesen Zweck Chamberland-Pasteursche Filterkerzen (Fig. 3) von 20 cm Länge, 2 cm Durchmesser und 35 bis 40 ccm Inhalt, die oben mit glasiertem Rand versehen waren.[1]) Dieselben wurden zunächst auf ihre Porosität untersucht, indem vermittelst einer Wasserstrahlpumpe Wasser in dieselben gesaugt wurde; alle Rohre, die sich bei einem Wasserdruck von etwa $1^1/_2$ Atm. nicht innerhalb 30—60 Sekunden mit Wasser füllten, wurden von vornherein als untauglich ausgeschlossen. Im allgemeinen sind Porzellanrohre, die bei $1^1/_2$ Atm. Wasserdruck in 10 Minuten 700 bis 900 ccm Wasser durchtreten lassen, für die Versuche brauchbar, jedoch die mit 900 ccm Wasserdurchlässigkeit am geeignetsten. Die so ausgewählten Rohre werden zunächst mit heisser Kalilauge behandelt, um aus den Wandungen lösliche Kieselsäure zu entfernen; man hängt sie hierbei zweckmässig in hohe Glaszylinder, füllt sie mit Kalilauge und lässt diese durchfiltrieren; nach einiger Zeit verdrängt man die Lauge durch heisses Wasser, indem man dieses mehrfach durch die Rohre durchtreten lässt. Darauf behandelt man die Rohre in gleicher Weise mit heisser verdünnter Salzsäure, um etwa vorhandene Tonerde oder Kalk zu lösen und verdrängt die Säure ebenfalls durch Wasser. Schliesslich saugt man durch jedes Rohr längere Zeit destilliertes Wasser, um sie vollständig zu reinigen, trocknet sie im Trockenschrank und wiederholt das Durchsaugen von Wasser so lange, bis die Rohre auch nach längerem Liegen im Wasser keine Reaktion auf Chloride mehr geben.

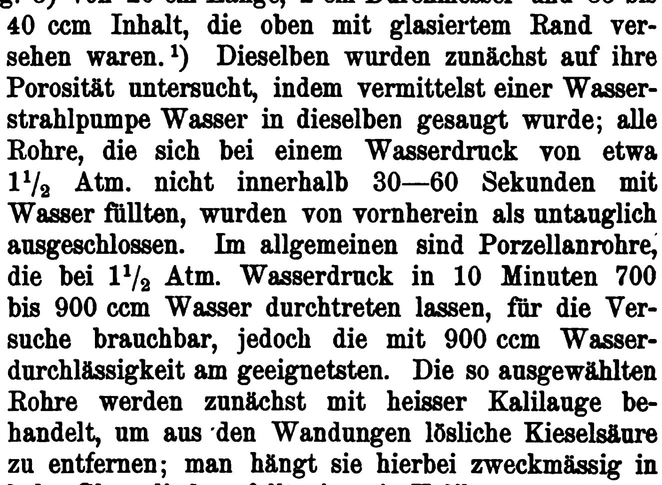


Fig. 3.

---

[1]) Selbst bei Filterkerzen aus einer und derselben Fabrik von anscheinend derselben Herstellungsweise mussten, worüber auch schon Pfeffer klagt, mitunter mehr als die Hälfte als unbrauchbar für die Versuche ausgeschlossen werden.

Die so gereinigten Rohre werden alsdann nochmals auf ihre Porosität untersucht und nach ihrer Wasserdurchlässigkeit geordnet. Zu einer Versuchsreihe wurden jedesmal die Rohre von möglichst gleicher Porosität benutzt, für eine Reihe z. B. solche, die sich in 29—33 Sekunden, für eine andere Reihe solche, die sich in 50—55 Sekunden mit Wasser füllten.

Ohne die vielen vergeblichen Bemühungen zur Herstellung einer geeigneten Membran im einzelnen zu erwähnen, möge nur das Verfahren hier näher beschrieben werden, das sich schliesslich am besten bewährt hat und wie folgt ausgeführt wird:

Die Filterkerzen, welche in der vorher beschriebenen Weise ausgewählt und gereinigt sind, werden im Trockenschrank getrocknet, noch heiss in passende Glaszylinder gehängt und sofort mit heisser (etwa 90° warmer) 6 %iger Gelatinelösung gefüllt. Dringt nach einiger Zeit (2—3 Minuten) keine Flüssigkeit mehr ein, so füllt man die eingedrungene Leimlösung nach, lässt noch einige Minuten stehen und giesst die Leimlösung aus. Hierauf werden die Filterkerzen auch von aussen mit heisser Gelatinelösung getränkt, indem man sie 2—3 Minuten in mit der heissen Gelatinelösung angefüllte Glaszylinder taucht. Die so mit Gelatinelösung durchtränkten Filterkerzen werden aussen und innen durch Abwischen von anhängender Gelatine befreit und sofort in einen grossen Exsikkator gebracht, dessen Boden mit einer Schicht Formaldehydlösung bedeckt ist. Man evakuiert den Exsikkator zum Teil und überlässt die Rohre 12—24 Stunden der Einwirkung der Formaldehyddämpfe. Nach dieser Zeit füllt man den Exsikkator mit Wasser und setzt nötigenfalls noch soviel Formaldehydlösung zu, dass diese 3—4 %ig ist. Durch die Einwirkung von Formaldehyd wird die Gelatine in eine in Wasser unlösliche Form übergeführt. Nach 2tägigem Stehen evakuiert man den Exsikkator mehrere Stunden lang, entleert ihn und füllt ihn mit destilliertem Wasser. Man evakuiert jetzt wieder und zwar so lange, bis keine Luftblasen mehr entweichen. Diese Operation dauert 4—6 Stunden, manchmal auch noch länger; durch häufiges, gelindes Aufstossen des Exsikkators kann man das Entweichen der Luft beschleunigen. Die vollständige Entfernung der Luft scheint eine Grundbedingung für die Herstellung einer guten Membran zu sein, weshalb man gerade auf diesen Punkt die grösste Sorgfalt zu legen hat.

Hat man die Filterkerzen soweit vorbereitet, so hängt man dieselben in Glaszylinder, die mit einer 5 %igen Kupfersulfatlösung gefüllt sind, wartet 5—10 Minuten und füllt sie mit einer 4.2 %igen Ferrocyankaliumlösung; beide Lösungen, die annähernd aequimolekular sind, lässt man 48 Stunden aufeinander einwirken. Nach dieser Zeit füllt man die Innenflüssigkeit aus und ersetzt dieselbe durch eine 7 %ige Ferrocyankaliumlösung, während aussen die 5 %ige Kupfersulfatlösung bestehen bleibt; gleichzeitig werden die Kerzen mit Gummipfropfen, die beiderseitig offene Steigerohre tragen, verschlossen. Infolge des verschiedenen osmotischen Druckes dringt jetzt Wasser in die Filterkerze und die Ferrocyankaliumlösung steigt in dem Steigrohr auf; gleichzeitig findet infolge der Diosmose eine Verdickung der Membran statt.[1]) Nach 48 Stunden nimmt man die Steigrohre ab, entfernt die Filterkerzen aus der Kupfersulfatlösung, füllt die Innenflüssigkeit aus und wäscht sie in der Weise mit destilliertem Wasser aus, dass man sie in Glaszylinder, die mit solchem gefüllt sind, hängt, und sie innen ebenfalls mit destilliertem Wasser füllt. Das letztere wird innen und aussen so oft erneuert, bis weder die Innen- noch Aussenflüssigkeit die geringste Spur eines der Membranbildner mehr zeigt. Die Rohre sind alsdann gebrauchsfertig und werden bis zum Beginn eines Versuches in destilliertem Wasser aufbewahrt, das man, um die letzten Spuren der Membranbildner zu entfernen, noch mehrmals erneuern kann.

Hat man die Rohre zu einem Versuche benutzt, so werden dieselben mehrere Tage unter öfterem Erneuern des Wassers ausgewaschen, bis die Salze aus denselben entfernt sind, dann bringt man dieselben wieder in eine etwa 3 %ige Formaldehydlösung, um etwa löslich gewordene Gelatine wieder unlöslich zu machen und wäscht sie darauf wieder mehrere Tage mit reinem Wasser aus. Sie sind auf diese Weise wieder zu einem neuen Versuch geeignet. Ja, die auf diese Weise mit einer hemipermeablen Membran versehenen und nach jedem Versuch mit Formaldehyd behandelten Rohre lassen sich wiederholt, bis 6 mal, zu neuen Versuchen benutzen. Will man die Rohre längere

[1]) Dadurch, dass man nur solche Filterkerzen, die bei genügendem Verschluss gleiche Steighöhen aufweisen, für die osmotischen Versuche anwendet, gewinnt man ein weiteres Mittel, zuverlässige und übereinstimmende Ergebnisse zu erzielen.

Zeit nicht benutzen, so empfiehlt es sich, dem Wasser, in dem sie aufbewahrt werden, etwas Formaldehydlösung zuzusetzen, um eine Zersetzung der Gelatine zu verhindern.

Sind die Rohre nach öfterem Gebrauch nicht mehr tauglich, so reinigt man sie genau wie neue Rohre, nur mit dem Unterschiede, dass man der Kalilauge etwas Weinstein zur Lösung des Kupfers zusetzt. Die gereinigten Rohre lassen sich so beliebig oft mit neuer Membran versehen und wieder anwenden.

I. Bestimmung des osmotischen Druckes von Salzen und Boden durch Ermittelung der Druckhöhe.

1. Versuche mit Salzen und Kohlenhydraten.

Zu den Versuchen dienten verschiedene Lösungen von Salzen und Kohlenhydraten. Die Ausführung der Versuche geschah in folgender Weise:

In die Tonzellen (Fig. 4) mit der hermipermeablen Membran wurde die zu untersuchende Lösung eingefüllt, nachdem die Zelle zuvor mit derselben Lösung ausgespült war. Sie wurde sodann mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen, dessen eine Bohrung ein U förmig gebogenes Quecksilber-Manometer von rund 0.75 mm innerem Durchmesser[1]) trug. Man presst den Stopfen möglichst fest in die Tonzelle und gibt nötigenfalls durch die offene Bohrung des Stopfens mittels einer Kapillare von der zu untersuchenden Flüssigkeit so viel hinzu, bis jede Luftblase aus der Zelle entfernt ist. Ist dieses erreicht, so verschliesst man diese Öffnung mit einer beiderseits offenen Kapillare, die man soweit in den Stopfen einführt, dass eben Flüssigkeit austritt. In diesem Augenblick schmilzt man dieselbe zu und stellt durch Verschiebung derselben das Quecksilber im Manometer auf den Nullpunkt ein.

Um ein Herauspressen der Gummistopfen zu verhüten, wurde über dieselben ein geschlitztes Messingplättchen gelegt, welches durch einen Bügel und zwei Kettchen fest angezogen und gehalten wurde. Die Kettchen waren an einem Ringe befestigt, der von unten auf die Tonzelle geschoben wurde. Durch Unterschieben von Messingplättchen lässt sich leicht erreichen,

[1]) In den Versuchen W. Pfeffers hatten die geschlossenen Manometer einen inneren Durchmesser von rund 1.5 mm, die offenen für geringe Drucke dagegen von ungefähr 0.3 mm Durchmesser.

dass der Gummistopfen fest eingepresst ist. Man spült jetzt den Apparat äusserlich mit Wasser ab und bringt ihn in ein Gefäss mit destilliertem Wasser.

Nach zwei oder drei Tagen hatte das Quecksilber meist seinen höchsten Stand erreicht, dieser wurde aufgezeichnet, ebenso die Temperatur zu Anfang und Ende des Versuches. Da die hemipermeable Membran für die meisten Salze nicht vollkommen undurchlässig ist, so wurde bei einer Reihe von Versuchen die Menge der ausgetretenen Salze bestimmt. Zu diesem Zwecke wurde die Innen- und Aussenflüssigkeit getrennt eingedampft, die Tonzellen 5—6 mal mit destilliertem Wasser innen und aussen ausgewaschen und die Waschflüssigkeiten ebenfalls mit eingedampft. Das Abdampfen geschah in Platinschalen, der Rückstand wurde beim Salpeter, Kaliumsulfat, Kaliumchlorid, Magnesiumsulfat getrocknet und dann schwach geglüht, wobei unter Umständen wegen aufgelösten Leimes eine Schwärzung eintrat. In dem gewogenen Gesamtrückstande wurden dann die einzelnen Bestandteile noch zur Kontrolle nach den üblichen analytischen Verfahren besonders bestimmt. Beim Ammoniumsulfat wurde die Lösung nicht ganz zur Trockne gebracht, sondern das Ammoniak aus der eingeengten Lösung mit gebrannter Magnesia abdestilliert, in titrierter Schwefelsäure aufgefangen und mit Natronlauge zurücktitriert.

Bei den verschiedenen Zuckerarten wurde die Aussenflüssigkeit, nötigenfalls nach vorheriger Inversion, mit Fehling-scher Lösung auf Zucker geprüft.

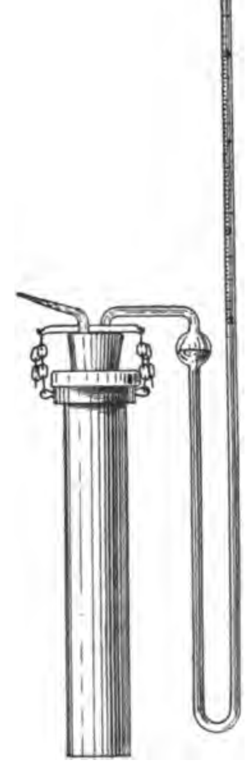


Fig. 4.

Ehe wir auf diese Weise brauchbare Ergebnisse erzielt haben, sind eine ganze

Reihe Versuche vergeblich angestellt worden. Teilweise lag der Misserfolg an der Membran, die einmal zu dicht, das andere Mal zu schwach geraten war. Sodann kam es vor, dass die Tonzellen zu stark mit Gelatine getränkt waren und so zu dicht waren oder auch nicht aller Leim durch Formaldehyd in die unlösliche Form gebracht werden konnte; in diesem Falle gingen bei den Versuchen erheblichere Mengen von Leim in Lösung. Nur unter genauer Beachtung der vorstehend (S. 54) gegebenen Vorschrift gelingt es, brauchbare Membrane zu erhalten; es muss hier aber noch ausdrücklich betont werden, dass auch eine gewisse Geschicklichkeit zur Anstellung der Versuche erforderlich ist, die sich erst durch einige Übung erwerben lässt.

Ehe die Ergebnisse der Versuche mitgeteilt werden, mögen zunächst die theoretischen Grundlagen für die Ermittelung der osmotischen Druckhöhe hier erwähnt werden.

Nach van t'Hoff verhält sich bekanntlich in einer verdünnten Lösung der gelöste Stoff wie ein Gas, d. h. der Stoff übt in Lösung den gleichen Druck aus, den dieselbe Menge im gleichen Raume in Gasform ausüben würde. Ein Gramm-Molekül, in 22.34 l Wasser gelöst, übt bei 0^{0} einen Druck von 1 Atmosphäre aus. Bei Salzen kommt hinzu, dass sie in wässeriger Lösung je nach der Verdünnung mehr oder weniger in ihre Ionen gespalten sind und jedes freie Ion denselben Druck ausübt, wie ein ungespaltenes Molekül. Der Zerfall der Salze in ihre Ionen nimmt mit der Verdünnung zu. Das Verhältnis der Anzahl dissoziierter Moleküle zur Gesamtzahl bezeichnet man mit α und wenn n = dissoziierte Moleküle und m = Gesamtmoleküle bedeutet, so ist

$$\alpha = \frac{m + n}{n},$$

d. h. α ist der Bruchteil der Moleküle, welche die Dissoziation erlitten haben. Bei unendlicher Verdünnuug ist $\alpha = 1$. Mit Hilfe von α lässt sich der wahre osmotische Druck von Salzlösungen berechnen.

Maßgebend für den osmotischen Druck ist die Gesamtanzahl der Moleküle + Ionen, die in einem bestimmten Volumen der Lösung vorhanden sind.

Das Verhältnis des von einem Körper ausgeübten osmotischen Druckes zu dem Druck, den er ausüben würde, wenn seine Moleküle nicht in Ionen gespalten wären, wird mit i bezeichnet.

Man muss also den ohne Berücksichtigung der Dissoziation berechneten osmotischen Druck noch mit i multiplizieren, um den wahren Druck zu erhalten.

i findet man mit Hilfe einer Formel von Arrhenius:

$$i = 1 + (K - 1)\,\alpha,$$

in der K die Anzahl Ionen bedeutet, in die ein Molekül zerfallen kann. Ferner lässt sich i aus der Gefrierpunktserniedrigung herleiten.

Ein Gramm-Molekül eines Körpers, in einem Liter Wasser gelöst, zeigt, wenn keine Dissoziation stattfindet, eine Temperaturerniedrigung von 1.85°. Bei Dissoziation wird dieser Wert grösser und das Verhältnis von 1.85 zu diesem grösseren Wert bezeichnet man als i; α lässt sich aus der Bestimmung der Leitfähigkeit herleiten. Bezeichnet man mit l_K und l_A das Leitvermögen der Kationen und Anionen, so ist bei unendlicher Verdünnung:

$$l_\infty = l_K + l_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad I$$

bei geringerer Verdünnung ist:

$$l_v = \alpha\,(l_K + l_A) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad II$$

durch Division von Gleichung II durch I erhält man:

$$\frac{l_v}{l_\infty} = \alpha \text{ oder } \alpha = \frac{l_v}{l_K + l_A}.$$

Will man z. B. für eine 1 %ige KNO_3-Lösung den osmotischen Druck berechnen, so verfährt man in folgender Weise:

Das Molekulargewicht ist 101. Die 1 %ige Lösung enthält also in 100 ccm $\frac{1.0}{101}$ Gramm-Moleküle, es würden also in 22.34 l $\frac{1.0}{101} \times 223.4 = 2.212$ Gramm-Moleküle vorhanden sein. Diese entsprechen einem Druck von 2.212 Atm. Bei 18° wird dieser Druck $2.212\left(1 + \frac{18}{273}\right) = 2.358$ Atm. betragen.

Tatsächlich ist der ausgeübte Druck aber grösser, da ein Teil der Moleküle in Ionen gespalten ist; man hat daher den gefundenen Wert noch mit i zu multiplizieren.

$$i = 1 + (K - 1)\,\alpha,$$

in unserem Falle ist K = 2, also:

$$i = 1 + \alpha.$$

Aus Versuchen hat sich ergeben, dass für eine Lösung, die 0.1 g Molekulargewicht in 1 l = 1.01 % enthält, die Leitfähigkeit 104.4 bei 18° beträgt. Die Leitfähigkeit der beiden Ionen beträgt nach KOHLRAUSCH:

für Kalium-Jon 65.3
„ Salpetersäure-Ion 60.8

also ist $$\alpha = \frac{104.4}{65.3 + 60.8} = 0.828,$$

folglich $$i = 1.828.$$

Mit dieser Zahl muss also der oben erwähnte Druck von 2.358 Atm. multipliziert werden; man erhält alsdann:

$$2.358 \times 1.828 = 4.310 \text{ Atm.},$$

oder in cm Hg ausgedrückt:

327.56 cm Hg.

In der folgenden Tabelle sind für einige Salze und Kohlenhydrate die Druckhöhen in Zentimeter Quecksilber angegeben, ferner die Menge Salz, welche sich am Ende des Versuches noch in der Tonzelle befand und die, welche durch die Membran durchgetreten war. Daneben ist die theoretische Druckhöhe unter Berücksichtigung der Dissoziation angegeben.

(Siehe die Tabelle auf S. 60 und 61.)

Man sieht aus der Tabelle, dass die Ferrocyankupfermembran gegen verschiedene Salze sehr verschieden durchlässig ist. Am wenigsten durchlässig ist die Membran gegen Ammonium- und Magnesiumsulfat, bei ersterem ist durchweg kaum etwas oder nur wenig Salz durchgetreten, bei letzterem noch keine 10 %. Bei diesen beiden Salzen stimmen auch die berechneten und tatsächlich beobachteten Druckhöhen annähernd überein.

Viel grösser ist die Diosmose beim Kali- und Natronsalpeter, Kaliumsulfat und Kaliumchlorid, sie beträgt hierbei zwischen 30—50 % der angewendeten Menge. Hier ist auch der Unterschied zwischen berechneter und beobachteter Druckhöhe am grössten. Berücksichtigt man die Diosmose, so lassen sich aus den beobachteten Druckhöhen die theoretischen ziemlich annähernd berechnen.

Es bleibt hierbei noch zu beachten, dass auch die Aussenflüssigkeit infolge der durchgetretenen Salzmengen einen ge-

(Fortsetzung des Textes auf S. 62.)

Steigversuche mit den grossen Rohren (29—32 Sekunden).

1. n/50-Lösungen (bei 2wertigen Verbindungen n/100).

Verbindung:	$NaNO_3$ g	$^1/_2\ K_2SO_4$ g	Saccharose g	Glukose g	$^1/_2\ (NH_4)_2SO_4$ g	$^1/_2\ (NH_4)_2SO_4$ g	$MgSO_4$ g
Abgewogen für 1 l	1.7012	1.7436	6.842	3.600	1.3214	1.3214	2.400
Steighöhe in cm Quecksilber t = 16°	40.7	35.0	28.3 29.2	25.5	40.3	43.5	52.1
Theoretischer Druck	68.3	49.2	33.9	—	49.2	49.2	56.3

Bestimmung der durchgetretenen Salzmenge.

Gefunden innen	0.0390	0.0472	—	—	0.0535	0.0525	0.0870
„ aussen	0.0261	0.0235	—	—	—	—	0.0086
Gefunden Summe:	0.0651	0.0707	—	—	0.0535	0.0525	0.0956
Verlangt	0.0680	0.0697	—	—	0.0535	0.0535	0.0960
Diosmiert in % der Gesamtmenge	40.1	33.2	—	—	—	—	8.9

2. n/50-Lösungen.

Verbindung:	$NaNO_3$ g	$NaNO_3$ g	KNO_3 g	KCl g	KCl g	KCl g	$^1/_2\ MgSO_4$ g
Abgewogen für 1 l	1.7012	1.7012	2.020	1 490	1.490	1.490	2.400
Steighöhe in cm Quecksilber	32.2	29.8	24.5	46.3	42.4	43.0	53.2
Theoretischer Druck	68.3	68.3	68.8	68.8	68.8	68.8	56.3

Verbindung:	$NaNO_3$ g	$NaNO_3$ g	KNO_3 g	KCl g	KCl g	KCl g	$MgSO_4$ g
Bestimmung der durchgetretenen Salzmenge.							
Gefunden innen	0.0327	0.0345	0.0376	0.0410	0.0415	0.0436	0.0925
„ aussen	0.0293	0.0255	0.0490	0.0186	0.0169	0.0179	0.0029
Gefunden Summe:	0.0620	0.0600	0.0866	0.0596	0.0584	0.0615	0.0954
Verlangt	0.0681	0.0681	0.0809	0.0597	0.0597	0.0597	0.0960
Diosmiert in % der Gesamtmenge	47.2	42.5	56.6	31.2	28.9	29.1	3.0

Man erhält so im Mittel der einzelnen Versuche:

Verbindung:	KCl n/50	K_2SO_4 n/100	KNO_3 n/50	$NaNO_3$ n/50	$MgSO_4$ n/50	$(NH_4)_2SO_4$ n/100
Beobachtete Druckhöhe . . . cm	43.9	35.0	24.5	32.1	52.7	42.3
Menge Salz im Osmometer am Ende des Versuches . . . . . mg	42.0	47.2	37.6	36.2	89.7	53.0
Berechnete Druckhöhe unter der Voraussetzung, dass kein Salz diosmiert war . . . . cm	63.0	52.4	56.4	60.3	56.1	—
Theoretischer Druck . . . . „	68.8	49.2	56.6	68.3	56.3	49.2

ringen osmotischen Druck ausübt, der dem Druck der Innenflüssigkeit entgegenwirkt. Er wird natürlich um so grösser sein, je mehr Salz diosmiert. Wählt man das Aussengefäss recht gross, so wird dieser Druck fast Null. Berücksichtigt man diesen Umstand und die mit der quantitativen Bestimmung der geringen ausgetretenen Salzmenge verbundenen Ungenauigkeiten, so können die beobachteten und berechneten Druckhöhen als befriedigend übereinstimmend bezeichnet werden.

Die Versuche zeigen auch, wie empfindlich die osmotische Wirkung ist. Die Ammoniumsulfatlösung war z. B. $^1/_{100}$ normal = 0.132 $^0/_0$, die Tonzellen enthielten also bei 40 cm^3 Inhalt 52.8 mg. Der Druck dieser Lösung betrug trotzdem 39.5 bezw. 38.0 cm Quecksilber, also fast genau eine halbe Atmosphäre.

Für die Kohlenhydrate ist die Ferrocyankupfermembran so gut wie undurchlässig, was auch schon Pfeffer beobachtet hat.

In der folgenden Tabelle habe ich zum Vergleich einige Versuche von Pfeffer und uns wiedergegeben:

Angewendete Substanz:	Menge in 100 g Lösung	Osmotischer Druck		
		beobachtet	berechnet, wenn nicht dissoziiert	berechnet, wenn dissoziiert
	g	mm Quecksilber	mm Quecksilber	mm
Rohrzucker	0.684	Pfeffer 320	339	—
„	0.684	selbst 288	339	—
Natronsalpeter	0.170	Pfeffer 300	338	676.4
„	0.170	selbst 321	338	676.4

2. Osmotische Versuche bei Boden.

Zunächst wurde bei den schon erwähnten Bodenarten gerade wie bei den Salzlösungen der osmotische Druck bestimmt. Je 15 g Boden wurden in kleinen Porzellanschälchen mit Wasser und etwas feinem mit Salzsäure ausgekochtem und ausgewaschenem Asbest — letzterer wurde zugesetzt, um ein zu festes Zusammensetzen der Bodenteilchen zu vermeiden — verrührt, einige Tage stehen gelassen und dann in die Osmometer gefüllt. Mit einem Wischer wurden die letzten Teilchen hineingebracht, das Osmometer so weit mit Wasser gefüllt, als ungefähr der Pfropfen reichte. Dann wurde das Manometer aufgesetzt und der Gummipfropfen mit der oben beschriebenen Sicherung versehen. Das Ganze wurde in ein Becherglas mit destilliertem Wasser gestellt (vergl. S. 56). Wir haben die günstigsten Ver-

suche aus einer grossen Anzahl zusammengestellt. Die osmotische Wirkung trat bei diesen Versuchen sehr verschieden ein, manchmal erst nach drei bis vier Tagen.

Tabelle 1.

Zeit:	Sand-boden cm Hg	Lehmiger Sand-boden cm Hg	Lehm-boden cm Hg	Kalk-boden cm Hg	Ton-boden cm Hg	
3. Tag	9.3	8.1	2.4	12.5	4.3	C.° = 16°
4. „	10.6	12.6	4.6	15.8	5.9	„
5. „	9.5	16.3	7.1	19.3	7.0	„
6. „	13.5	21.7	11.4	24.4	8.8	„
7. „	14.5	23.1	13.5	27.1	9.4	„
8. „	15.3	22.1	17.9	31.1	11.1	C.° = 15°
9. „	15.6	21.1	19.1	32.0	11.3	„

Nach diesem Versuche wurden die Rohre ausgewaschen und wieder, aber in anderer Reihenfolge, mit Boden gefüllt und ein neuer Versuch angesetzt, der mit noch 2 weiteren Versuchen folgende Ergebnisse lieferte:

Tabelle 2.

Druckhöhe:	Sand-boden cm Hg	Lehmiger Sandboden cm Hg	Lehm-boden cm Hg	Kalk-boden cm Hg	Ton-boden cm Hg	Lenne-schiefer cm Hg	t° = 17°
2. Versuch: 9 Tage . .	6.8	—	17.4	16.5	7.2	26.3	15°
3. „ 7 „ . .	9.3	18.0	11.4	(13.0)	14.7	21.0	16°
4. „ 7 „ . .	—	21.1	13.5	27.1	—	—	16°

Wie man aus diesen Tabellen sieht, sind die Ergebnisse bei den einzelnen Versuchen wenig übereinstimmend ausgefallen. Teilweise mag das daran liegen, dass die hemipermeable Membran ungleichmässig gewirkt hat, zum grösseren Teil aber wohl daran, dass durch Wasser zuerst aus dem Boden nur wenig gelöst wird; erst allmählich und bei weiterem Zutritt von Wasser werden gewisse schwerlösliche Verbindungen, — vielleicht komplexe Humate oder Silikate — in eine löslichere Form übergeführt und osmotisch wirkend. Da der Druck des Quecksilbers im Manometer dem osmotischen Druck des Bodens entgegenwirkt, letzterer aber nur gering ist und erst allmählich zur Wirkung gelangt, so ist es wohl erklärlich, dass in diesem Falle keine be-

friedigenden und übereinstimmenden Ergebnisse erzielt werden. Wir haben daher den osmotischen Druck des Bodens dadurch festzustellen gesucht, dass wir für alle Böden einen gleichen, aber nur einen geringen Überdruck anwendeten und die hierbei austretenden Flüssigkeiten gravimetrisch ermittelten. Man kann nämlich mit Hamburger (l. c.) den osmotischen Druck auch als wasseranziehende Kraft bezeichnen oder nach dem Verteilungssatz von Berthelot und Jungfleisch[1]) in der Weise erklären, dass eine Substanz zwischen zwei übereinander geschichteten, nicht miteinander mischbaren Lösungsmitteln sich stets so verteilt, dass das Verhältnis der Konzentration denselben Wert besitzt, unabhängig von der Gesamtmenge der gelösten Substanz.

Als Grundbedingung gilt hierbei, dass die beiden Lösungsmittel sich nicht miteinander mischen; in den osmotischen Versuchen wird diese Bedingung durch die hemipermeable Membran erfüllt, welche wohl Wasser, aber nicht oder nur in beschränktem Maſse die gelösten Stoffe durchlässt.

M. Roloff[2]) ist sogar der Ansicht, dass sich die osmotischen Vorgänge viel ungezwungener nach dem obigen Verteilungssatz, als durch Vergleichung mit dem Gasdruck erklären lassen.

Auf Grund dieser Überlegungen haben wir ein Verfahren ausgearbeitet, nach welchem aus der Menge Wasser, die in die Salzlösung hineindiffundiert, der osmotische Druck gemessen wird. Dieses Verfahren hat noch den Vorteil, dass die hemipermeable Membran infolge des geringen Überdruckes haltbarer bleibt und für eine Reihe von Versuchen verwendet werden kann. Das Verfahren beruht also darauf, dass die in das Osmometer eingetretene Wassermenge dem Gewichte nach bestimmt wird.

II. Bestimmung des osmotischen Druckes auf gravimetrischem Wege.

Nach verschiedenen Versuchen sind wir schliesslich zu folgender Vorrichtung[3]) gekommen: Ein Kapillarrohr ist, wie Fig. 5 zeigt, heberartig gebogen, die Austrittöffnung liegt aber so hoch, dass eine Heberwirkung ausgeschlossen ist. In dem

---

[1]) Berthelot und Jungfleisch, Ann. chim. phys. (4) 26, 396—408.

[2]) M. Roloff, Grundriss d. physikal. Chemie, Leipzig 1907, S. 142.

[3]) Der Apparat kann von der Firma Franz Hugershoff in Leipzig bezogen werden.

Rohr sind ferner zwei Kugeln angebracht; im übrigen wird dieses Heberohr ebenso angebracht, wie das Quecksilbermanometer.

Die austropfende Flüssigkeit wird in einem kalibrierten, von unten nach oben eingeteilten Gläschen aufgefangen, das von Zeit zu Zeit (alle 24 Stunden) gewogen wird.[1]) Das Hebertropfmanometer wurde mit Spindelöl vom spez. Gewicht 0.9091 bei 17.5° gefüllt. Der Überdruck ist hierbei etwas geringer als bei Anwendung von Wasser. Auch überzeugten wir uns, dass von dem Mineralöl die Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur gleich Null ist. Bei den Versuchen, wo nicht gleichzeitig die ausgetretenen Salzmengen bestimmt wurden, benutzten wir ein grosses Gefäss, ähnlich wie ein Aquarium, in dem sich acht Versuche nebeneinander ansetzen liessen.

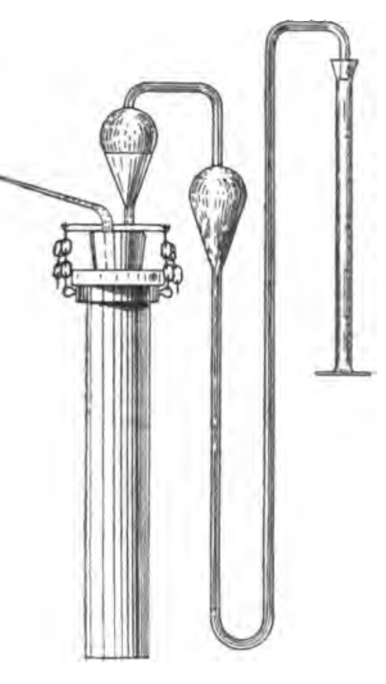


Fig. 5.

Bei jeder Versuchsreihe wurde ein blinder Versuch mit einem Osmometer, das nur mit Wasser gefüllt war, angestellt.

1. Versuche mit Salzen und Kohlenhydraten.

Ehe wir an die Bestimmung der osmotischen Wasseraufnahme des Bodens gingen, haben wir diese Grösse für eine Anzahl von Salzen und Kohlenhydraten bestimmt.

In der Tabelle 1 sind $^1/_{50}$ bezw. bei zweiwertigen Verbindungen $^1/_{100}$ Normal-Lösungen von Kaliumsulfat, Ammonium-

(Fortsetzung des Textes auf S. 69.)

[1]) Man kann bei reichlicher Wasseraufnahme der Substanz die austropfenden Mengen am kalibrierten Standgläschen auch ablesen und erst nach längerer Zeit wieder wägen; auch kontrollieren sich auf diese Weise die durch Wägung und Messung gefundenen Werte.

Tabelle 8.

Tropfversuche (mit den kleinen wenig durchlässigen Rohren).

1. n/50-Lösungen (bei 2wertigen Verb. n/100).

Verbindung:	Zeit:	$NaNO_3$ g	K_2SO_4 g	$(NH_4)_2SO_4$ g	$NaNO_3$ g	K_2SO_4 g	$(NH_4)_2SO_4$ g	Temperatur des Wassers C.°
Abgewogen für 1 l . . .	—	1.7012	1.7436	1.3214	1.7012	1.7436	1.3214	—
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	0.4250	0.3190	0.3120	0.4195	0.2990	0.3680	—
	2. „	0.3625	0.2520	0.2630	0.3620	0.3225	0.3670	16.0
	3. „	0.3410	0.2295	0.2445	0.3530	0.3303	0.3678	15.0
	4. „	0.3700	0.2820	0.2785	0.3910	0.1902	0.2124	16.0
	5. „	0.3035	0.2150	0.2205	0.3175	0.2925	0.3328	14.5
	6. „	0.3215	0.2405	0.2320	0.3295	0.2925	0.3328	14.5
	7. „	0.3050	0.2260	0.2305	0.3195	0.3695	0.4098	14.5
	Im ganzen:	2.4285	1.7640	1.7810	2.4920	2.0985	2.0415	—
Öl für 1 Tag		0.349	0.252	0.254	0.356	0.299	0.291	—
Wasser für 1 Tag		0.382	(0.277)	(0.280)	0.392	0.329	0.320	—
Bestimmung der durchgetretenen Salzmengen.								
Gefunden innen		0.0322	0.0392	0.0457	—	0.0322	0.0494	—
„ aussen		0.0250	0.0247	—	—	0.0278	—	—
	Im ganzen:	0.0572	0.0639	0.0457	—	0.0600	0.0494	—
Verlangt werden		0.0595	0.0610	0.0456	—	0.0610	0.0477	—
Diosmiert in °/₀ der Gesamtmenge .		43.7	38.6	—	—	46.3	—	—

2. n/50-Lösungen (Zuckerarten).

Verbindung:	Zeit:	Glukose[1] g	Saccharose g	Saccharose g	Saccharose g	Raffinose g	Temperatur C.°
Abgewogen für 1 l . . .	—	3.600	6.844	6.844	6.844	11.888	--
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	0.2360	0.2370	0.1940	0.2055	0.2098	18.0
	2. "	0.2410	0.1925	0.1970	0.1985	0.2194	17.5
	3. "	0.2400	0.1710	0.0870	0.2120	0.2244	—
	4. "	0.1280	0.2315	0.1765	0.2950	0.1886	—
	5. "	0.2080	0.1655	0.1765	0.2000	0.1905	17.0
	6. "	0.2080	0.1965	0.1845	0.2190	0.1905	16.2
	7. "	0.2155	0.1830	0.2400	0.2840	0.2360	18.0
	Im ganzen:	1.4765	1.3770	1.2555	1.6140	1.4592	—
Öl für 1 Tag		0.211	0.197	0.179	0.231	0.208	—
Wasser für 1 Tag		(0.233)	0.216	(0.197)	0.254	0.229	—
	Mittel:	0.257[1]		0.235		0.229	—

[1]) Das Gewicht 3.600 g für Glukose ist unter der Annahme von 180 Molekulargewicht angenommen. Da die Glukose ($C_6H_{12}O_6 . H_2O$) indes noch 9.5 % Wasser enthält, so muss die wirklich gefundene Menge aufgenommenen Wassers, um sie mit den Werten für Saccharose, die wasserfrei ist und für Raffinose, bei der der Wassergehalt berücksichtigt ist, mit $\frac{100}{90.5} = 1.105$ multipliziert werden.

3. n/25-Lösungen (bei 2wertigen Verb. n/50).

Verbindung:		$NaNO_3$ g	K_2SO_4 g	$(NH_4)_2SO_4$ g	Glukose[1] g	Glukose[1] g	Saccharose g	Saccharose g	Maltose g
Abgewogen für 1 l	—	3.4024	3.4872	2.6428	7.200	7.200	13.684	13.684	14.408
Täglich ausgetretene Menge Öl	18.0	1.0700	0.6918	0.6954	0.4160	0.4060	0.3783	0.4700	0.5275
		0.8700	0.5812	0.5300	0.4600	0.3255	0.3100	0.4056	0.3500
	17.4	0.8285	0.6010	0.5278	0.4620	0.3505	0.3360	0.4000	0.3575
		0.7805	0.6020	0.5326	0.4000	0.3595	0.3735	0.4000	0.3997
	17.2	0.6400	0.5266	0.4967	0.3115	0.3165	0.3245	0.4116	0.4000
		0.6400	0.5266	0.4967	0.3455	0.3165	0.3245	0.4253	0.3313
	18.0	0.7420	0.6505	0.5890	0.3000	0.4285	0.4320	0.4000	0.4000
Im ganzen:		5.5710	4.1797	3.8682	2.7010	2.5030	2.4788	2.9125	2.8670
Öl für 1 Tag		0.794	0.597	0.553	0.386	0.357	0.354	0.416	0.409
Wasser für 1 Tag . . .		0.875	0.657	0.608	0.424	0.393	0.390	0.458	0.450
Mittel:		0.875	0.657	0.608	0.452[1]		0.424		0.450
Bestimmung der durchgetretenen Salzmengen.									
Gefunden innen		0.0585	nicht bestimmt	0.0892	—	—	—	—	—
„ aussen		0.0442		0.0076	—	—	—	—	—
Im ganzen:		0.1027	—	0.0968	—	—	—	—	—
Verlangt werden		0.1126	—	0.0925	—	—	—	—	—
Diosmiert in % der wiedergefundenen Gesamtmenge		43.1	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Vergl. die Anmerkung auf S. 69.

sulfat (sämtlich wasserfrei), Saccharose, Glukose und Raffinose in den kleinen Osmometern, welche sich bei 35 ccm Inhalt an der Wasserstrahlpumpe erst in 40—50 Sekunden mit Wasser füllten, untersucht worden.

Gleichzeitig wurde bei den Salzen die durchgetretene Menge Salz bestimmt. Die Ergebnisse sind in den vorhergehenden Tabellen enthalten:

(Siehe die Tabelle auf S. 66—68.)

Bevor die Ergebnisse dieser Versuche besprochen werden, mögen noch einige Versuche bei den durchlässigeren Tonrohren mitgeteilt werden. Die Versuche mit n/50-Lösungen einiger Zuckerarten lieferten folgende Ergebnisse:

Tabelle 4.

Verbindung:	Zeit:	Glukose + 1 H_2O g	Saccharose g	Raffinose + 5 H_2O g	Säure-Dextrin[1] 1:10 g	Temperatur C.°
Molekulargewicht . . .	—	198.0	342.2	594.4	(504.3)?	—
Abgewogen für 1 l . . .	—	3.960	6.844	11.888	10.392 (unter Berücksichtigung des Asche- bzw. Wassergehaltes)	—
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	0.9005	0.7650	0.7350	0.2256	18.0
	2. „	0.6300	0.7010	0.7950	0.1784	18.7
	3. „	0.5815	0.6655	0.7585	0.1705	17.0
	4. „	0.5170	0.5840	0.8270	0.1555	16.5
	5. „	0.8450	0.7045	0.6445	0.2810	18.7
	6. „	0.6000	0.6010	0.7975	0.1490	17.6
Gesamtmenge Öl:		4.0740	4.0210	4.5575	1.1600	—
Entsprechend Wasser		4.4818	4.4235	5.0137	1.2761	—
Für 1 Tag		0.748	0.738	0.835	0.213	—

In derselben Weise ergaben die Versuche mit den Salzlösungen:

(Siehe die Tabelle auf S. 70.)

Aus diesen 4 Versuchsreihen ersieht man zunächst, dass die osmotische Wasseraufnahme bei Anwendung verschieden

(Fortsetzung S. 71.)

[1]) Aus Kapillarsirup gewonnen, indem die wässerige Lösung zunächst mit 5 Vol. Alkohol auf 1 Vol. Lösung und das Filtrat hiervon mit weiteren 5 Vol. Alkohol gefällt wurde; das zuletzt ausgefällte Dextrin diente zu dem Versuch.

Tabelle 5.

Tropfversuche bei den grossen durchlässigeren Rohren.

Verbindung:	Zeit:	1. n/50 bei 1 wertigen und n/100 bei 2 wertigen Lösungen:				2. n/25 bei 1 wertigen und n/50 bei 2 wertigen Lösungen:		
		$NaNO_3$ g	K_2SO_4 g	$(NH_4)_2SO_4$ g	$(NH_4)_2SO_4$ g	$NaNO_3$ g	$(NH_4)_2SO_4$ g	Temperatur C. °
Abgewogen für 1 l . . .	—	1.7012	1.7436	1.3214	1.3214	3.4024	2.6428	—
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	1.0700	0.9865	1.0977	1.1862	2.1390	2.1610	16.8
	2. „	1.0042	0.9195	1.1100	1.1241	1.9715	1.9604	17.2
	3. „	0.9610	0.9140	1.0283	1.0298	1.9070	1.9308	16.3
	4. „	0.9503	0.9203	1.0020	0.8906	1.8295	1.8811	16.2
	5. „	0.8773	0.8755	0.9345	0.9686	1.6765	1.7841	16.2
	6. „	0.8907	0.9230	0.9485	0.8514	1.6645	1.7944	—
	Im ganzen:	5.7535	5.6388	6.1210	6.0507	11.1880	11.5118	—
Öl für 1 Tag		0.959	0.939	1.020	1.008	1.865	1.919	—
Wasser für 1 Tag		1.055	1.034	1.122	1.109	2.050	2.110	—
		Bestimmung der durchgetretenen Salzmenge.						
Gefunden innen		0.0400	0.0425	0.0575	—	0.1005	0.1062	—
„ aussen		0.0220	0 0245	Spur	—	0.0300	Spur	—
	Im ganzen:	0.0620	0.0670	0.0575	—	0.1305	0.1062	—
Verlangt werden		0.0680	0.0697	0.0529	—	0.1360	0.1058	—
Diosmiert in % der wiedergefundenen Gesamtmenge		35.5	36.6	—	—	23.0	—	—

dichter Tonrohre in derselben Zeit **erheblich verschieden sein kann.** So betrug die osmotische Wasseraufnahme in **24 Stunden:**

1. **Bei den dichten Rohren** mit 35 ccm **Inhalt:**

	Natrium-nitrat g	Kalium-sulfat g	Ammon-sulfat g	Glu-kose g	Saccha-rose g	Raffi-nose g
a) $\frac{n}{50}$ bezw. $\frac{n}{100}$-Lösungen	0.387	0.329	0.300	0.256	0.235	0.229
b) $\frac{n}{25}$ bezw. $\frac{n}{50}$-Lösungen	0.875	0.657	0.608	0.449	0.424	0.450

2. **Bei den durchlässigeren Rohren** mit 40 ccm **Inhalt:**

	Natrium-nitrat g	Kalium-sulfat g	Ammon-sulfat g	Glu-kose g	Saccha-rose g	Raffi-nose g
a) $\frac{n}{50}$ bezw. $\frac{n}{100}$-Lösungen	1.055	1.034	1.110	0.748	0.738	0.835
b) $\frac{n}{25}$ bezw. $\frac{n}{50}$-Lösungen	2.050	—	2.110	—	—	—

Trotz der erheblichen Unterschiede in der osmotischen Wasseraufnahme bei Anwendung von dichten und durchlässigeren Tonrohren bleiben die Beziehungen zwischen den einzelnen Salzen und Kohlenhydraten bei den gleichartigen Reihen dieselben. Es macht daher an sich nichts aus, ob man Osmometer von grösserer oder geringerer Durchlässigkeit der Tonwandung benutzt, dieselben müssen nur für eine und dieselbe Versuchsreihe unter sich gleich durchlässig sein. Zur Kontrolle kann man jedesmal eine Salzlösung von genau bekanntem Gehalt mit ansetzen und den hierfür gefundenen Wert mit den anderen Werten vergleichen. Auch sieht man, dass bei Anwendung einer doppelgehaltreichen Lösung in beiden Reihen die osmotische Wasseraufnahme annähernd doppelt so hoch ist.

Weiter ist bemerkenswert, dass von den Salzen, die diosmieren, in diesen bei nur geringem Überdruck angestellten Versuchen dieselben Mengen diosmieren wie bei der Messung der Druckhöhe, also bei erheblicherem Überdruck. So diosmierten im Mittel von den in die Osmometer eingefüllten Salzen:

	Natriumnitrat	Kaliumsulfat
1. Bei Bestimmung der Druckhöhe . . .	43.3 %	33.2 %
2. Nach dem gravimetrischen Verfahren .	40.8 „	40.5 „

Von Ammonsulfat und den Kohlenhydraten sind auch in diesen Versuchen keine bestimmbaren Mengen diosmiert.

Im übrigen zeigen die Versuche, dass die osmotische Wasseraufnahme eine Funktion des Molekulargewichtes ist. Be-

sonders scharf tritt dieses bei den Kohlenhydraten auf; denn die $\frac{1}{50}$-Molekül in 1 l enthaltenden Lösungen, nämlich:

Glukose	Saccharose	Raffinose
$C_6H_{12}O_6 . H_2O$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{18}H_{32}O_{16} . 5H_2O$
3.960 g	6.844 g	11.888 g

entsprechend den Molekulargewichten:

180 (+ 18 H_2O)	342.2	504 (+ 90.1 H_2O)

oder $\frac{1}{25}$ des Molekulargewichtes geben annähernd die gleichen Werte für die osmotisch aufgenommene Wassermenge, d. h. die osmotische Wasseraufnahme steht im umgekehrten Verhältnis zum Molekulargewicht. Man wird daher dieses Verfahren auch bei Substanzen, die nicht diosmieren, zu Molekulargewichtsbestimmungen benutzen können. So betrug z. B. nach Tabelle 4 S. 69 die osmotische Wasseraufnahme für gleiche Mengen Trockensubstanz in 24 Stunden bei:

Raffinose	Säure-Dextrin (1 : 10)
0.835 g	0.213 g.

Sie war daher beim Säure-Dextrin rund 4 mal niedriger als bei Raffinose, also würde dieses Säure-Dextrin ein 4 mal höheres Molekulargewicht als Raffinose haben, nämlich $C_{72}H_{120}O_{60}$.[1])

Wenn diese Annahme für das neue Verfahren zutrifft, so konnte vorausgesetzt werden, dass auch Lösungen verschiedener Salze und Kohlenhydraten von gleichem Prozentgehalt eine im umgekehrten Verhältnis zum Molekulargewicht stehende osmotische Wasseraufnahme zeigen würden. Um das nachzuweisen, wurden von den Salzen 1.5 g, von den Kohlenhydraten 6.0 g zu 1 l gelöst und die eintretenden Wassermengen bestimmt.

Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle 6 enthalten:

(Siehe die erste Tabelle auf S. 73.)

Im umgekehrten Verhältnis der Molekulargewichte hätte das Verhältnis in den osmotisch aufgenommenen Mengen Wasser sein müssen:

	$NaNO_3$	K_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$
Theoretisch	100	97	129
Gefunden	100	101	126

[1]) Über diese Frage sollen noch weitere Versuche angestellt werden.

Tabelle 6.

Versuche mit gleichen Mengen Salzen bei Anwendung der grossen durchlässigeren Rohre.

1. 0.15 %ige Salzlösungen.

Verbindung:	Zeit:	$NaNO_3$ g	$^1/_2\ K_2SO_4$ g	$^1/_2\ (NH_4)_2SO_4$ g	Temperatur des Wassers C.°
Molekulargewicht .	—	85.05	87.18	66.07	—
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	1.0408	0.9590	1.2410	19.0
	2. „	0.9480	0.9141	1.1535	18.7
	3. „	0.9196	0.9355	1.1613	19.0
	4. „	0.8088	0.8600	1.0927	19.6
	5. „	0.7446	0.8220	1.0305	18.0
	Summe:	4.4618	4.4906	5.6490	—
Öl für 1 Tag		0.8924	0.8981	1.1298	—
Wasser für 1 Tag		0.982	0.988	1.243	—

Oder rechnet man die täglich aufgenommenen Mengen Wasser für eine n/50 bezw. n/100-Lösung um, so erhält man folgende Werte:

Wasser für 1 Tag	1.114	1.149	1.095	—

Diese berechneten Werte stimmen wiederum mit den in Tabelle 5 S. 70 für n/50-Lösungen wirklich gefundenen Werten so gut überein, als nach den unvermeidlichen Fehlerquellen nur erwartet werden kann.

2. 0.6 %ige Zuckerlösungen.

Verbindung:	Zeit:	Glukose (mit 9.5 % H_2O) g	Saccharose g	Raffinose (mit 15.2 % H_2O) g	Temperatur des Wassers C.°
Molekulargewicht .	—	180.0	342.2	504.3	—
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	1.6163	1.1565	0.4658	19.0
	2. „	1.4850	1.0835	0.4457	18.7
	3. „	1.5250	1.0768	0.4695	19.0
	4. „	1.4800	1.0244	0.3850	19.6
	5. „	0.3700	0.9758	0.4144	18.0
	Summe:	7.4763	5.3170	2.1804	—
Öl für 1 Tag		1.4953	1.0634	0.4361	—
Wasser für 1 Tag auf wasserfreie Substanz berechnet . .		1.817	1.170	0.566	—

Im umgekehrten Verhältnis der Molekulargewichte der Zuckerarten hätte das Verhältnis in den osmotisch aufgenommenen Mengen Wasser sein müssen:

	Glukose	Saccharose	Raffinose
Theoretisch	53	100	35
Gefunden.	64	100	31

Oder rechnet man die täglich aufgenommene Menge Wasser auf n/50-Lösungen um, so erhält man

	(1.335 g)	1.090 g	1.028 g.

Die wirklich gefundenen Werte stimmen zwar bei den Zuckerarten nicht genau mit den theoretisch gefundenen überein, indessen lassen unter Berücksichtigung der unvermeidlichen Versuchsfehler auch diese Werte das Gesetz erkennen, dass die osmotische Wasseraufnahme der Salze und Kohlenhydrate im umgekehrten Verhältnis zu ihrem Molekulargewichte steht. Man hat daher in der Bestimmung des osmotischen Wasseraufnahmevermögens solcher Stoffe, die in Wasser löslich sind und die hemipermeable Membrane nicht angreifen bezw. durch dieselbe nicht diosmieren, ein Mittel zur Ermittelung ihrer Molekulargewichte. Das Verfahren hat gegenüber der Bestimmung des osmotischen Druckes den Vorzug, dass es in der Ausführung einfacher ist und sichere Ergebnisse liefert.

Unerklärlich bleibt bis jetzt der Umstand, dass äquimolekulare Lösungen der einzelnen Salze bei schwachem Überdruck osmotisch gleich viel Wasser aufnehmen, einerlei ob ein Salz diosmiert oder nicht. Ja in den letzten Versuchen mit gut durchlässigen Tonzellen haben äquimolekulare Lösungen von elektrolytisch gespaltenen Salzen und undissoziierten Zuckerarten eine gleiche osmotische Wasseraufnahme gezeigt, während in den ersten Versuchen mit weniger durchlässigen Tonzellen noch ein Unterschied im Sinne der allgemein angenommenen Theorie vorhanden ist.

Bei der Bestimmung des osmotischen Druckes wurde der Druck um so geringer gefunden, je mehr ein Salz diosmierte, so dass also nur beim Ammoniumsulfat und Magnesiumsulfat, die beide nicht oder nur wenig diosmieren, annähernd der theoretische Druck erreicht ist; bei den übrigen Salzen liess sich der wahre osmotische Druck erst unter Berücksichtigung der durchgetretenen Salzmengen annähernd berechnen und war dann bei Natriumnitrat und Chlorkalium immer noch niedriger, als der theoretisch berechnete Wert.

In vorstehenden Versuchen stellen sich andere Verhältnisse heraus. Nimmt man aus den Ergebnissen in Tabelle 3 (No. 1—3) mit dichten Tonrohren das Mittel und zieht auch die Ergebnisse in Tabellen 4 und 5 mit durchlässigeren Tonrohren hinzu, so würde man unter der Annahme, dass kein Natriumnitrat und kein Kaliumsulfat diosmiert wäre, für $\frac{n}{50}$- bezw. $\frac{n}{100}$-Lösungen unter sonst gleichmässigen Verhältnissen als osmotische Wasseraufnahme in 24 Stunden gefunden haben müssen:

	Natrium-nitrat	Kalium-sulfat	Ammoni-umsulfat	Glu-kose	Saccha-rose	Raffi-nose
	g	g	g	g	g	g
1. Dichte Tonrohre . . .	0.708	0.577	0.302	0.221	0.224	0.227
2. Durchlässigere Tonrohre	1.635	1.631	1.110	0.738	0.748	0.835

Hiernach würde sich also für Natriumnitrat und Kaliumsulfat ein höherer osmotischer Druck berechnen, als nach der elektrolytischen Dissoziation im Vergleich zu den nicht dissoziierten Zuckerarten angenommen werden kann. Und wenn man auch das den doppelten Wert der Zuckerarten überschreitende Mehr bei Natriumnitrat und Kaliumsulfat auf Versuchsfehler des noch nicht vollständig ausgebildeten Verfahrens zurückführen wollte, so bleibt doch das Verhalten des Ammonsulfats, das kaum oder nur wenig diosmiert, gegenüber den ersteren Salzen unerklärbar. Denn das elektrolytische Leitvermögen der drei Salze beträgt bei 18° für $\frac{n}{50}$- bezw. $\frac{n}{100}$- (bei den 2wertigen Verbindungen) Lösungen:

$NaNO_3$	K_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$
95.0	111.8	112.2

ist also bei Kalium- und Ammoniumsulfat mit geringeren osmotischen Werten sogar höher als bei Natriumnitrat in den angewendeten Verdünnungen. Daher lassen sich die beobachteten Unterschiede, die in den Versuchen gleichmässig auftreten, aus der elektrolytischen Dissoziation nicht, wenigstens nicht allein, erklären.

Vielleicht könnte man sie auf die verschiedenen isotonischen Koeffizienten von H. de Vries[1]) zurückführen; nach H. de Vries sind für die Plasmolyse der Zellen isotonisch:

---

[1]) Vergl. H. J. Hamburger, Osmotischer Druck und Ionenlehre. Wiesbaden 1902.

	Saccharose	Chlornatrium oder Natriumnitrat	Kalium-sulfat	Ammonium-sulfat [1])
	2	3	4	4

d. h. es bewirken Plasmolyse Gewichtsteile des Molekulargewichtes:

	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_4$

oder für $\frac{1}{25}$ Molekulargewicht in 1 l:

	6.844 g	1.133 g	1.744 g	1.321 g.

Diese Salzmengen in 1 l hätten daher mit der Saccharose eine gleiche osmotische Wasseraufnahme von 0.224 g bezw. von 0.748 g zeigen müssen; in Wirklichkeit ist dieselbe für 24 Stunden unter sonst gleichen Verhältnissen gefunden:

a) Ohne Berücksichtigung der diosmierten Salzmengen:				
1. Dichtere Tonrohre . .	0.224 g	0.267 g	0.329 g	0.312 g
2. Durchlässigere Tonrohre	0.748 „	0.701 „	1.034 „	1.110 „
b) Mit Berücksichtigung der diosmierten Salzmengen:				
1. Dichtere Tonrohre . .	0.224 g	0.471 g	0.577 g	0.312 g
2. Durchlässigere Tonrohre	0.748 „	1.086 „	1.631 „	1.110 „

Während bei den dichteren Rohren und für Natriumsalpeter bei den durchlässigeren Rohren ohne Berücksichtigung der diosmierten Salzmengen eine leidliche Übereinstimmung zwischen der osmotischen Wasseraufnahme und den isotonischen Koeffizienten herrscht, tritt diese in den anderen Fällen nicht hervor.

Die isotonischen Koeffizienten von H. de Vries stehen in einem gewissen Verhältnis zur Ionenanzahl bei den angewendeten Substanzen, sie beträgt nämlich bei:

	Saccharose	Natrium-nitrat	Kalium-sulfat	Ammonium-sulfat
	1	2	3	3

Will man der verschiedenen Anzahl von Ionen einen Einfluss auf die osmotische Wasseraufnahme zuschreiben, so müssen für diese gleichwertig sein Gewichtsteile des Molekulargewichtes:

	1	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_3$

oder für $\frac{1}{50}$ Molekulargewicht in 1 l:

	6.844 g	0.85 g	1.163 g	0.881 g.

[1]) Der isotonische Koeffizient für Ammoniumsulfat ist von H. de Vries nicht angegeben, er möge dem des Kaliumsulfats gleichgestellt werden.

Diese Salzmengen hätten daher mit denen der Saccharose eine gleiche osmotische Wasseraufnahme von 0.224 bezw. 0.748 g zeigen müssen; in Wirklichkeit ist dieselbe unter sonst gleichen Verhältnissen für 24 Stunden gefunden:

	Saccharose	Natrium-nitrat	Kalium-sulfat	Ammonium-sulfat
	g	g	g	g
a) Ohne Berücksichtigung der diosmierten Salzmengen:				
1. Dichtere Rohre . . .	0.224	0.201	0.219	0.201
2. Durchlässigere Rohre .	0.748	0.528	0.690	0.739
b) Mit Berücksichtigung der diosmierten Salzmengen:				
1. Dichtere Rohre . . .	0.224	0.354	0.385	0.201
2. Durchlässigere Rohre .	0.748	0.818	1.088	0.739

Hier treten bessere Beziehungen als unter Zugrundelegung der isotonischen Koeffizienten auf und scheint in der Tat der Anzahl der Ionen bei den Salzen ein Einfluss auf die osmotische Wasseraufnahme zugesprochen werden zu müssen; so lassen sich wenigstens bei Ammoniumsulfat und den Zuckerarten die Ergebnisse mit der elektrolytischen Dissoziation bezw. Ionenlehre in Übereinstimmung bringen. Wenn bei Natriumnitrat und Kaliumsulfat die Übereinstimmung nicht in demselben Grade hervortritt, so ist das ohne Zweifel dem Umstande zuzuschreiben, dass diese Salze während des Versuches in erheblicher Menge durch die hemipermeable Membran diosmieren. Die hierdurch bedingten Fehler lassen sich, wie schon oben S. 59, 62 u. 75 gesagt ist, durch Umrechnung unter der Annahme, welcher Wert sich ergeben würde, wenn kein Salz diosmiert wäre, nicht ausgleichen und dass hier die Unterschiede grösser sind, als bei der Feststellung der Druckhöhe, hat wohl einfach seinen Grund darin, dass bei Anwendung eines nur geringen Überdruckes und infolge der längeren Versuchsdauer erheblich mehr Wasser in die Osmometer eingetreten ist, als bei den Druckhöhenmessungen.

Der Umstand, dass die Salze der fixen Alkalien, insonderheit, dass das Kaliumsulfat in erheblicher Menge diosmiert, die Sulfate von Ammonium und Magnesium dagegen nicht oder nur in sehr geringer Menge, zwingt notwendigerweise zu der Annahme, dass die Salze der fixen Alkalien — und andere Salze vielleicht auch bei gut durchlässigen Tonzellen, — chemisch auf die hemipermeable Membran einwirken und auf diese Weise

durchzutreten vermögen. Wenn in den Versuchen von W. Pfeffer und anderen diese Erscheinungen nicht so deutlich hervorgetreten sind, wie hier, so hat das zweifellos seinen Grund darin, dass die Versuche bei gleichzeitiger Anwesenheit der Membranbildner angestellt wurden, infolgedessen, d. h. durch die fortgesetzte Dichtung der Membran die Diosmose der Salze verhindert wurde.

Wenn weiter sich gezeigt hat, dass die Unterschiede zwischen der osmotischen Wasseraufnahme, zwischen dissoziierten Salzen und undissoziierten Kohlenhydraten im Sinne der Ionenlehre sich um so mehr ausgleichen bezw. verwischen, je durchlässiger oder weitporiger die Tonzellen sind, so folgt daraus, dass auch die Art der Tonzellen von wesentlichem Einfluss auf die Ergebnisse sind.

Über die Ursache aller dieser Erscheinungen müssen noch weitere Versuche Aufklärung bringen. Vorläufig lässt sich aus den vorstehenden Versuchen nur das schliessen, dass das gravimetrische Verfahren zur Bestimmung der osmotischen Wasseraufnahme bei geringem Überdruck auch zur Bestimmung des Molekulargewichtes solcher Substanzen verwendet werden kann, die durch eine hemipermeable Membran selbst in gut durchlässigen Tonzellen nicht diosmieren.

2. Versuche mit Boden.

Nach den Versuchen mit Salzen und Kohlenhydraten haben wir das Verfahren auch für verschiedene Böden angewendet. Die hierzu benutzten Böden sind dieselben, die auch zu den vorstehenden Versuchen gedient haben, und zwar zunächst die S. 9—24 beschriebenen 6 Böden.

Die Zahlen bedeuten die für je 15 g Boden in je 24 Stunden ausgetretenen Mengen Öl in Gramm. Der Boden wurde wie oben S. 62 mit fein verteiltem, mit Salz- und Salpetersäure und weiter mit Wasser gereinigtem Asbest vermischt, um ein Zusammenlagern zu vermeiden und mehrere Tage vor der Einfüllung in die Filterkerzen mit Wasser in Porzellanschälchen angerührt, damit er sich genügend mit Wasser sättige. Die Temperatur schwankte bei den Versuchen zwischen 16 und 19° C.

Erste Versuchsreihe.

1. Versuch.

Zeit:	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Lenneschiefer g
1 Tag	0.3400	0.3380	0.2580	0.2045	0.3295	0.3490
2 „	0.3557	0.4205	0.2820	0.2440	0.4420	0.3750
3 „	0.3575	0.5340	0.3760	0.3320	0.5035	0.3810
4 „	0.4975	0.4945	0.3145	0.2723	0.5025	0.2925
5 „	0.3865	0.6430	0.4920	0.4820	0.6380	0.4200
6 „	0.3635	0.6200	0.4435	0.5630	0.6720	0.4630
7 „	0.3520	0.5430	0.4525	0.5300	0.5130	0.4280
Gesamtmenge Öl:	2.6527	3.5930	2.6185	2.6278	3.6005	2.7145
Entsprechend Wasser	2.9179	3.9522	2.8803	2.8905	3.9605	2.9859
Für 100 g wasserfreien Boden	19.43	26.32	19.18	19.25	26.37	19.88
Für 1 Tag und 100 g Boden	2.776	3.760	2.740	2.750	3.767	2.840

Dieser Versuch wurde noch 2 mal wiederholt und ergab für 1 Tag und 100 g Boden:

Zweiter Versuch	3.307	3.914	2.817	2.597	4.090	3.126
Dritter Versuch	3.423	3.433	2.671	3.127	4.109	3.266

Die Ergebnisse der drei Versuche sind so übereinstimmend, wie man es von einem neuen Verfahren kaum besser erwarten kann. Die Unterschiede in den drei Versuchsreihen können ungezwungen durch kleine Verschiedenheiten ein und derselben Bodenprobe, durch eine gewisse Ungleichmässigkeit der hemipermeablen Membran und der verschiedenen Oberfläche der Tonzylinder bezw. durch geringe Schwankungen in der Temperatur erklärt werden.

Im allgemeinen nimmt die osmotische Wasseraufnahme beim Boden bis zum 6. Tage zu, was zweifellos daher rührt, dass das eintretende Wasser lösend auf die Bodenbestandteile wirkt und auf diese Weise für die erste Zeit den osmotischen Druck bezw. die Wasseraufnahme erhöht.

Nimmt man aus den drei Versuchsreihen das Mittel für 100 g wasserfreien Boden und vergleicht die Ergebnisse mit den auf den Böden in den grossen Versuchskästen erzielten Ernten, so erhalten wir folgende Beziehungen:

Für 1 Tag:	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Lenneschiefer g
Osmotische Wasseraufnahme für 100 g wasserfreien Boden . . .	3.163	3.416	2.727	2.824	3.989	3.077
Gesamternte an Trockensubstanz:						
Roggen (3. Jahr)	1739.0	3058.0	2085.0	1874.0	2304.0	2102.0
Gerste (4. Jahr)	1578.4	2207.3	2368.1	2278.9	2466.4	1544.6
Mittel beider Ernten	1658.2	2632.1	2226.6	2076.5	2385.2	1823.3

Lehmboden und Kalkboden haben hier die geringste osmotische Wasseraufnahme gezeigt, trotzdem haben sie etwas höhere Ernteerträge geliefert als Sand- und Lenneschieferboden. Letzteres ist wohl auf die sonstigen guten Eigenschaften der beiden Böden z. B. ihren hohen Humusgehalt und ihre vorzüglichen physikalischen Eigenschaften bezw. wasserhaltende Kraft, Absorptionsgrösse und Hygroskopizität zurückzuführen. Sehr gut stimmen aber die Ernteerträge der übrigen Böden, Sand- und Lenneschieferboden einerseits, sowie lehmiger Sand- und Tonboden andererseits mit dem osmotischen Wasseraufnahmevermögen überein. Letztere beiden Böden haben, wie aus allen früheren Ernteergebnissen hervorgeht, stets gleich hohe Erträge ergeben, beide stehen sich trotz des verschiedenen Gehaltes, besonders an Kali, in der Fruchtbarkeit ziemlich gleich.

Zweite Versuchsreihe.

a) Mit erschöpften Böden.

Es wurde ferner die osmotische Wasseraufnahme der Böden aus dem Glashause ermittelt. Die, wie schon oben gesagt, in Gefässen drei Jahre der Reihe nach mit Hafer (1905), Erbsen (1906) und wieder Hafer (1907) bepflanzt waren, ohne gedüngt zu sein. Die Erträge liessen natürlich infolge allmählicher Erschöpfung des Bodens mit jedem Jahre nach. Die erschöpften Böden ergaben folgende Werte:

(Siehe die erste Tabelle auf S. 81.)

Der zu diesem Versuche verwendete lehmige Sandboden ist ein noch wenig kultivierter, fast roher Boden und völlig verschieden von dem in der ersten Versuchsreihe angewendeten.

	Zeit:	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Schieferboden g	Temperatur C.°
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	0.1085	0.0535	0.1885	0.2460	0.4430	0.1630	17.8
	2. „	0.0895	0.1120	0.1890	0.3370	0.3250	0.1820	18.3
	3. „	0.0980	0.0980	0.2030	0.2990	0.3800	0.2100	18.6
	4. „	0.1205	0.0920	0.1945	0.3470	0.6340	0.2005	18.4
	5. „	0.1182	0.1130	0.0870	0.2710	0.2150	0.2010	17.8
	6. „	0.1400	0.0850	0.1120	0.2445	0.1865	0.1920	—
Gesamtsumme Öl:		0.6747	0.5535	0.9740	1.7445	2.1835	1.1485	—
Entsprechend Wasser . . .		0.7422	0.6089	1.0715	1.9191	2.4021	1.2635	—
Für 100 g Boden wasserfrei .		5.018	4.137	7.441	13.554	17.183	8.811	—
Für 1 Tag und 100 g Boden		0.836	0.690	1.240	2.259	2.864	1.468	—

Bei diesem Versuche zeigt sich die Empfindlichkeit des Verfahrens; die osmotische Wasseraufnahme ist viel geringer geworden, ebenso ist die Ernte gegenüber den früheren Jahren bedeutend zurückgeblieben. Vergleicht man beide Ergebnisse, so erhält man folgende Beziehungen:

	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Schieferboden g
Osmotische Wasseraufnahme für 1 Tag und 100 g Boden . . .	0.836	0.690	1.240	2.259	2.864	1.468
Ernten an Pflanzentrockensubstanz.	29.40	11.47	24.66	32.79	57.09	42.54

Im grossen und ganzen fällt und steigt die Ernte mit der osmotischen Wasseraufnahme.

b) Mit denselben, aber gedüngten Böden.

Die vorstehenden 6 Böden erhielten in einer zweiten Reihe, die bis dahin mit ersteren gleich behandelt waren, im Frühjahr 1907 eine Düngung, und zwar auf je 1 kg Boden 74 mg K_2SO_4, 139 mg 18 %iges Superphosphat und 120 mg $NaNO_3$. Die Düngung wurde, in Wasser gelöst, mit dem Boden innig vermischt; dann wurde Hafer eingesäet. Die Bestimmung der osmotischen Wasseraufnahme dieser gedüngten Böden lieferte folgende Ergebnisse:

	Zeit:	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Schieferboden g	Temperatur C.°
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	0.1910	0.2275	0.2325	0.2775	0.4330	0.2920	18.8
	2. „	0.3915	0.4810	0.4570	0.4590	0.7676	0.6205	18.7
	3. „	0.2415	0.2435	0.3715	0.4200	0.7280	0.3235	17.5
	4. „	0.1470	0.1890	0.2120	0.2325	0.2805	0.3450	16.0
	5. „	0.2960	0.3420	0.3560	0.3815	0.4595	0.5150	18.7
	6. „	0.1290	0.1965	0.2130	0.2360	0.3095	0.4225	17.5
Gesamtmenge Öl:		1.3960	1.6795	1.8420	2.0065	2.9781	2.5185	—
Entsprechend Wasser . .		1.5357	1.8476	2.0264	2.2073	3.2762	2.7706	—
Für 100 g Boden		10.238	12.530	14.073	15.588	23.434	19.320	—
Für 1 Tag und 100 g Boden		1.706	2.088	2.345	2.598	3.906	3.220	—

Trotz der verhältnismässig geringen Zunahme an leichtlöslichen Stoffen ist die osmotische Wasseraufnahme erheblich gestiegen. Die Zunahme ist innerhalb der Fehlergrenzen — mit Ausnahme des Tonbodens — infolge der gleichen Düngung auch überall ziemlich gleich. Vergleicht man die Mittelzahlen für 100 g wasserfreien Boden mit den auf den Böden erzielten Ernten, so erhält man folgende Beziehungen:

	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Schieferboden g
Osmotische Wasseraufnahme für 1 Tag und 100 g Boden	1.706	2.088	2.345	2.598	3.906	3.220
Ernte an Trockensubstanz	51.42	36.49	46.49	55.04	49.40	52.46

Die geerntete Pflanzentrockensubstanz steht auch hier in einem annähernden Verhältnis zur osmotischen Wasseraufnahme. Nur Sandboden und Tonboden machen eine Ausnahme, die sich beim Tonboden wahrscheinlich daraus erklärt, dass bei ihm, der an sich reich an Nährsalzen ist, die Düngung mit Nährsalzen — besonders Kalisalz — nachteilig gewirkt hat (vergl. S. 35).

Dieselben Böden haben wir ferner noch in den kleinen weniger durchlassenden Osmometern untersucht und hierbei folgende Ergebnisse erhalten:

	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Schieferboden g
	1. Ungedüngte Reihe.					
Osmotische Wasseraufnahme für 1 Tag und 100 g Boden	0.359	0.279	0.242	0.506	0.641	0.322
	2. Gedüngte Reihe.					
	0.739	1.096	0.952	1.069	1.630	0.876

Die absoluten Mengen des osmotisch aufgenommenen Wassers sind in diesem, mit weniger durchlässigen Tonzylindern angestellten Versuchen erheblich geringer als in dem vorstehenden Versuch, aber die Beziehungen in den Werten zwischen den einzelnen Böden, wie zwischen der gedüngten und ungedüngten Reihe, sind relativ dieselben geblieben.

Dritte Versuchsreihe.

Um die Osmometer auf ihre Dauerhaftigkeit zu prüfen, benutzten wir sie, nachdem sie schon dreimal zu Versuchen gedient hatten, noch zu einem vierten Versuch mit den ursprünglichen Böden der ersten Versuchsreihe.

Die Ergebnisse waren folgende:

Zeit:	Sandboden g	Lehmiger Sandboden g	Lehmboden g	Kalkboden g	Tonboden g	Lenneschiefer g
1 Tag	0.2990	0.2550	0.2205	0.2365	0.3240	0.2415
1 „	0.3240	0.2860	0.2505	0.2635	0.3100	0.1700
1 „	0.2880	0.2635	0.3010	0.2230	0.2840	0.2134
1 „	0.3010	0.2900	0.2230	0.2545	0.3125	0.1720
1 „	0.2785	0.2985	0.2580	0.2160	0.2755	0.1600
1 „	0.2650	0.3420	0.2870	0.2510	0.3000	0.1775
1 „	0.3050	0.3880	0.2920	0.3080	0.3970	0.2230
Gesamtmenge Öl:	2.0605	2.1230	1.8320	1.7525	2.2030	1.3574
Entsprechend Wasser	2.267	2.335	2.015	1.928	2.423	1.493
Auf 100 g wasserfreien Boden bezogen	15.11	15.57	13.43	12.83	16.15	9.95
Für 1 Tag und 100 g Boden	2.16	2.22	1.92	1.83	2.31	1.42

Die auffallend niedrigen Ergebnisse im Vergleich zu den ersten sind wohl darin zu suchen, dass sich die Poren allmählich mit feinem Ton verstopfen. Aber die relativen Beziehungen bei den einzelnen Böden treten trotzdem auch hier wieder hervor und ist hiermit die Brauchbarkeit der in vorstehender Weise hergestellten Osmometer erwiesen.

Vierte Versuchsreihe.

Weiterhin haben wir die von der Oxydation mit H_2O_2 herrührenden Bodenrückstände von Sandboden, lehmigem Sandboden, Lehmboden, Kalkboden, Tonboden und Lenneschiefer in die Tonzellen gefüllt, um sie auf osmotischen Druck zu prüfen. Jedoch selbst nach vier Tagen war nicht der geringste osmotische Druck zu bemerken. Ebenso haben wir die vom Dämpfen herrührenden Rückstände derselben Böden untersucht, auch in diesem Falle war kein osmotischer Druck wahrzunehmen. Bei dem ersten Versuch haben wir gleichzeitig zwei Rohre mit den Rückständen des oxydierten Sandbodens beschickt und zu einem 10 ccm, zu dem anderen 20 ccm einer $^1/_{50}$ normalen $(NH_4)_2SO_4$-Lösung gegeben. Schon nach kurzer Zeit trat Öl aus, und zwar ziemlich genau proportional der Konzentration:

Zeit:	10 ccm n/50 $(NH_4)_2SO_4$ g	20 ccm n/50 $(NH_4)_2SO_4$ g
1. Tag	0.1745	0.3175
2. „	0.0710	0.1590
3. „	0.0785	0.1775
4. „	0.1260	0.2550
5. „	0.1320	0.2860
Gesamt-Ölmenge:	0.5820	1.1950
Entsprechend Wasser	0.6401	1.3144
Für 1 Tag	0.1280	0.2429

Fünfte Versuchsreihe.

Sehr gute Ergebnisse haben wir auch mit den oben beschriebenen Versuchsböden a, b und c ohne und mit Düngung erzielt. Auch hier wurden die Düngesalze in Wasser gelöst, und so innigst mit dem Boden vermischt. Die Ergebnisse sind folgende:

Zeit:	Lehmboden a	Lehmboden b	Sandboden c	Sandboden c (für 1 kg) gedüngt mit:				
				20 mg N	20 mg N + 25 „ K_2O	20 mg N + 50 „ K_2O	20 mg N + 20 „ P_2O_5	20 mg N + 25 „ P_2O_5
	g	g	g	g	g	g	g	g
1. Tag	0.1715	0.1670	0.2130	0.2740	0.2975	0.3205	0.2850	0.2735
2. „	0.2500	0.2760	0.2350	0.2960	0.3150	0.2800	0.3210	0.3170
3. „	0.1915	0.2040	0.2000	0.2495	0.2890	0.2995	0.2610	0.2780
4. „	0.2875	0.2705	0.2290	0.2780	0.3185	0.4060	0.3230	0.3435
5. „	0.2020	0.1860	0.2040	0.2900	0.3295	0.4665	0.3290	0.3185
6. „	0.2225	0.2135	0.2300	0.3160	0.3420	0.4050	0.3890	0.3820
7. „	0.2970	0.2700	0.3085	0.3330	0.3635	0.4860	0.3750	0.3905
Gesamt-Ölmenge:	1.6220	1.5870	1.6195	2.0365	2.4550	2.6635	2.2830	2.3030
Entsprechend Wasser	1.784	1.746	1.782	2.240	2.701	2.930	2.512	2.533
Für 100 g wasserfreien Boden	11.89	11.64	11.87	14.93	18.00	19.53	16.75	16.89
Für 1 Tag und 100 g Boden	1.70	1.66	1.70	2.13	2.57	2.79	2.39	2.41

Zeit:	Lehmboden a	Sandboden c	Lehmboden a (für 1 kg) gedüngt mit:			
			20 mg N + 25 „ K_2O	20 mg N + 50 „ K_2O	20 mg N + 20 „ P_2O_5	20 mg N + 25 „ P_2O_5
	g	g	g	g	g	g
1. Tag	0.1650	0.1575	0.2620	0.3660	0.2735	0.3075
2. „	0.1600	0.1560	0.2010	0.3080	0.1535	0.2530
3. „	0.2285	0.1695	0.2375	0.3685	0.1905	0.1980
4. „	0.2855	0.2060	0.2065	0.4355	0.3690	0.4045
5. „	0 2140	0.2420	0.3610	0.4010	0.3860	0.3860
6. „	0.2085	0.2270	0.3450	0.4365	0.4010	0.3540
7. „	0.2560	0.2620	0.3310	0.5260	0.4260	0.4160
Gesamt-Ölmenge:	1.5175	1.4200	1.9440	2.8415	2.1995	2.3190
Entsprechend Wasser	1.670	1.550	2.138	3.126	2.418	2.551
Für 100 g wasserfreien Boden	11.13	10.33	14.25	20.84	16.12	17.00
Für 1 Tag und 100 g Boden	1.59	1.48	2.03	2.98	2.30	2.43

Die Ergebnisse der beiden Versuche stimmen gut überein, die Zahlen lassen die Düngung sehr gut erkennen.

Nimmt man das Mittel aus beiden Versuchen und vergleicht die Werte mit den Ernteerträgen, so ergeben sich folgende Beziehungen:

	Lehmboden a:		Sandboden:	
	ungedüngt g	gedüngt g	ungedüngt g	gedüngt g
Osmotische Wasseraufnahme für 1 Tag und 100 g Boden	1.65	2.44	1.59	2.46
Ernteertrag	76.89	83.37	43.04	70.94

Hierauf wurden die ungedüngten Böden für sich und die gedüngten nach Zusammengeben der verschiedenen gedüngten Proben gehörig unter sich gemischt und nochmals mit neu angefertigten Osmometern von guter Durchlässigkeit der Tonwandung auf ihre osmotische Wasseraufnahme untersucht.

Lehmboden a und Sandboden, ungedüngt und gedüngt, ferner eine $\frac{n}{100}$-Lösung von Ammoniumsulfat ergaben in diesem Versuch folgende Werte:

(Siehe die Tabelle auf S. 87.)

Diese Zahlen für die osmotische Wasseraufnahme stehen in noch besserer Beziehung zu den Erträgen als in dem ersten Versuch. Ebenso ist bei den gedüngten Böden die Düngung durch das osmotische Verfahren deutlich angezeigt worden. Im Vergleich mit den ersten Versuchen sind diesmal die Zahlen etwas niedriger, besonders für den Sandboden, im grossen und ganzen bleiben aber die Beziehungen die gleichen. Zweifellos ist das osmotische Untersuchungsverfahren geeignet, als weiteres technisches Hilfsmittel zur Beurteilung des Löslichkeitsgrades der Bestandteile des Bodens mit verwendet werden zu können. Seine Anwendbarkeit hängt aber wesentlich von der Beschaffenheit der Tonzellen und der Art der Herstellung der hemipermeablen Membran ab. In letzterer Hinsicht kann das oben beschriebene Verfahren als zweckdienlich und gut bezeichnet werden.

Angewendet 15 g trockner Boden:	Zeit:	Lehmboden:		Sandboden:		n/100 $(NH_4)_2SO_4$	Temperatur
		ungedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt		
		g	g	g	g	g	C.°
Täglich ausgetretene Menge Öl	1. Tag	0.2640	0.3840	0.0720	0.1960	1.0275	16.0
	2. "	0.2320	0.3304	0.1520	0.2040	0.9340	—
	3. "	0.2050	0.2036	0.1265	0.1770	0.8800	16.4
	4. "	0.2135	0.1798	0.1350	0.1690	0.8753	—
	5. "	0.2205	0.2202	0.1225	0.1440	0.9510	16.0
	6. "	0.2705	0.3000	0.2275	0.2810	0.9640	18.0
Im ganzen Öl:		1.4055	1.6170	0.8255	1.1710	5.6318	—
Entsprechend Wasser		1.546	1.779	0.908	1.288	6.1956	—
Für 100 g Boden		10.31	11.86	6.06	8.58	—	—
Für 100 g Boden und 1 Tag		1.718	1.977	1.010	1.430	Für 1 Tag 1.033	—
Ernte an Pflanzentrockensubstanz . . .		76.89	83.37	43.04	70.94	—	—
Auf 1 g osmotische Wasseraufnahme entfällt Pflanzentrockensubstanz		44	42	42	49	—	—

Eine grössere Schwierigkeit bereitet die Auswahl der geeigneten Tonzylinder (Filterkerzen). Am besten bewährt haben sich solche, die sich bei einem Inhalt von rund 40 ccm mittels einer gut wirkenden Wasserstrahlpumpe in 30 Sekunden mit Wasser füllen, oder die bei $1^1/_2$ Atm. Druck in 10 Minuten 900 ccm Wasser durchlassen; es lassen sich aber auch noch solche Filterkerzen verwenden, die sich mittels der Wasserstrahlpumpe in 50 Sekunden mit Wasser füllen und die bei $1^1/_2$ Atm. Druck in 10 Minuten rund 700 ccm Wasser durchtreten lassen. In letzterem Falle werden geringere Werte für das osmotische Wasseraufnahmevermögen der Stoffe erhalten, aber das Verhältnis der osmotisch aufgenommenen Wassermengen für verschiedene Stoffe bleibt dabei gleich. Man muss also stets Rohre von tunlichst gleicher Wasserdurchlässigkeit anwenden, die hemipermeable Membran stets in derselben Weise, wie beschrieben ist, herstellen, und einen bestimmten Stoff, der wirklich hemipermeabel ist, also nicht diosmiert, zum Vergleich hinzuziehen. Unter den Salzen eignet sich hierzu nach den bisherigen Versuchen am besten neutrales Ammoniumsulfat, oder unter organischen Stoffen Saccharose, die am leichtesten chemisch rein im Handel zu haben ist.

Man würde z. B. nach dem letzten Versuch sagen können, dass, wenn 100 g trockner Boden nur eine osmotische Wasseraufnahmefähigkeit besitzen als 40 ccm einer n/100-Lösung von Ammoniumsulfat, der Boden der Zufuhr von künstlichen Düngern bedürftig sei, während bei einer osmotischen Wasseraufnahme, die das 1.5—1.7 fache dieser Salzlösung übertreffe, ein Düngebedürfnis nicht vorliege. Welcher der Düngestoffe zugeführt werden müsste, würde die chemische Untersuchung festzustellen haben.

Selbstverständlich sind dieses vorläufig nur Gedanken, zu denen die vorstehenden Versuche anregen, die aber noch durch eine Reihe von Versuchen mit anderen Böden nachgeprüft werden müssen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Durch Dämpfen der Böden mit Wasser lassen sich die in Form von komplexen Salzen oder in organischer Bindung vorhandenen Nährstoffe in Lösung bringen. Der anzuwendende Druck richtet sich nach der Art des Bodens. Indes hat sich ein 5stündiges Dämpfen bei 5 Atm. im allgemeinen als am richtigsten erwiesen, wobei auf 500 g Boden 5 l Wasser angewendet werden.

2. Durch das Dämpfen können grössere Unterschiede im Gehalt an leichter löslichen Nährstoffen zum Ausdruck gebracht werden, indes ist es nicht imstande, kleinere Unterschiede, die z. B. durch die Düngung bedingt sind, anzuzeigen.
3. Eine annähernd gleiche Menge dieser Nährstoffe erhält man auch durch Oxydation des Bodens mittels Wasserstoffsuperoxyds; sie ist durchweg etwas höher als die durch Dämpfen gelöste Menge. Aber auch durch dieses Verfahren lassen sich geringe Unterschiede im Gehalt an leichtlöslichen Nährstoffen, wie sie z. B. durch die Düngung oder nur eine Ernte hervorgerufen werden, nicht mit Sicherheit feststellen.
4. Der Umstand, dass ein geringer Teil der Bodennährstoffe, die aus dem Boden durch reines oder auch kohlensäurehaltiges Wasser nicht gelöst werden, durch Behandeln mit Wasser unter hohem Druck gleichzeitig mit Humussäuren oder nach Oxydation der Humussäuren in Wasser löslich wird, beweist, dass dieser Teil der Nährstoffe in komplexer oder organischer Bindung — etwa durch Humussäuren — vorhanden sein muss, wie dieses für Moorboden schon lange nachgewiesen ist. Zweifellos steht dieser Teil der Nährstoffe, der also auch durch die natürliche Oxydation des Humus löslich gemacht werden wird, in naher Beziehung zur Versorgung der Pflanzen mit mineralischen Nährstoffen.
5. Der Humus befindet sich, wie nicht anders als erwartet werden kann, in einer leicht und weniger leicht oxydierbaren Form im Boden, und ist das Verhältnis beider Formen bei den einzelnen Böden verschieden. Zweifellos dürfte auch hiervon die verschiedene Fruchtbarkeit des Bodens mit abhängen.
6. Die durch Dämpfen (bezw. Oxydation) gelösten, auf 20 cm Bodentiefe berechneten und die von den Pflanzen aufgenommenen Mengen Nährstoffe zeigen bis jetzt nur für Kali, aber hierfür auch ziemlich übereinstimmend, eine Beziehung, so dass das Dämpfen zur Bestimmung des von den Pflanzen aufnehmbaren Kalis wohl geeignet zu sein scheint. Anscheinend wird auch während des Pflanzenwachstums infolge Verwitterung oder durch die Wurzeltätigkeit selbst noch Kali aufgeschlossen.

7. Die sonstigen Ergebnisse aus den Vegetationsversuchen waren folgende:
   a) Der prozentuale Gehalt der gedüngten Pflanzen an Mineralstoffen pflegt, zweifellos infolge des schnelleren Wachstums, im allgemeinen geringer zu sein, als bei ungedüngten Pflanzen, während die absolute Menge der aufgenommenen Nährstoffe natürlich grösser ist.
   b) Die wasserhaltende Kraft des Bodens wie die Düngung setzen die Wasserverdunstung aus dem Boden herab und wirken auch nach dieser Richtung vorteilhaft auf das Wachstum, indem sie eine gleichmässigere Versorgung der Pflanzen mit Wasser zur Folge haben.
8. Der Boden zeigt, wenn auch nur langsam und schwach, doch deutlichen osmotischen Druck, und dieser kann als neues Verfahren wertvollen Aufschluss über den Löslichkeitsgrad der Bodenbestandteile geben. Es empfiehlt sich aber bei der Anwendung dieses Verfahrens, den osmotischen Druck nicht durch die Steighöhe, sondern durch die Menge austropfenden Wassers bei nur geringem Überdruck zu messen.
9. Auf diese Weise geben sich schon ganz geringe Mengen löslicher Düngesalze von nur einigen Milligramm in 100 g Boden zu erkennen. Auch steht der osmotische Druck, der hier osmotisches Wasseraufnahmevermögen genannt werden möge, in manchen Fällen in geradem Verhältnis zur Menge der auf dem Boden gewachsenen Pflanzentrockensubstanz.
10. Die Grösse der in die Osmometer — aus Tonrohren bezw. Filterkerzen bestehend — eintretenden Wassermenge hängt in erster Linie von der Dichtigkeit der Tonmasse und ferner von der Art der hemipermeablen Membran ab. Am geeignetsten haben sich Ton-Filterkerzen erwiesen, die bei $1^1/_2$ Atm. Druck in 10 Minuten 900 ccm Wasser durchtreten lassen. Wenn man in diesen eine doppelte hemipermeable Membran, einerseits aus Leimlösung und Formaldehyd, andererseits aus Ferrocyankalium und Kupfersulfat erzeugt, so erhält man sehr haltbare hemipermeable Membrane, die sich, wenn sie nach jedesmaligem Gebrauch und Auswaschen mit Formaldehyd behandelt (bezw. gehärtet) werden, wiederholt, bis 6 mal, zu Versuchen benutzen lassen.

11. Man kann auch Filterkerzen von geringerer Wasserdurchlässigkeit bis zu 700 ccm Wasser in 10 Minuten bei $1^1/_2$ Atm. benutzen; man erhält dann nach dem gravimetrischen Verfahren geringere Mengen für das ein- bezw. austretende Wasser, aber die Verhältnisse zwischen ihnen bei verschiedenen Salzen und Böden bleiben dieselben, wenn man Rohre von gleicher Durchlässigkeit anwendet. Zum Vergleich werden zweckmässig Stoffe von bekanntem osmotischem Druck mit angewendet und empfehlen sich am meisten n/100-Lösungen von Ammonsulfat oder Saccharose, welche beide nur wenig oder so gut wie gar nicht diosmieren.
12. Das Verfahren lässt sich, da die Menge des in die Osmometer eintretenden Wassers im umgekehrten Verhältnis zu dem Molekulargewicht steht, auch zweifellos zur Bestimmung des Molekulargewichtes aller solchen Stoffe anwenden, die die hemipermeable Membran nicht angreifen und selbst durch gut durchlässige Tonzellen nicht diosmieren.



Studien auf dem Gebiete der Bodenkunde.

Von

Dr. ALBERT ATTERBERG, Kalmar.

(Mit 2 Textabbildungen.)

Die Böden bestehen teils aus den losen Verwitterungsprodukten der Felsen, die entweder in unveränderter Lagerung sich befinden (Verwitterungsböden) oder durch die Wässer abgeschlämmt und an anderem Orte abgesetzt worden sind, (Schwemmböden) oder durch den Wind verweht sind (Aeolische Böden), oder es sind die Verwitterungsprodukte durch das Inlandseis verschleppt worden (Moränenböden). — Teils ist der Boden aus den abgestorbenen Resten der Pflanzen- und Tierorganismen entstanden — Moorböden und Humusböden, Diatomaceenböden, mehrere Kalkböden. Dazu kommen die Böden, die durch chemische Absätze gebildet worden sind, und die Böden der tiefen Weltmeere.

In den folgenden Studien will ich zunächst nur die Schwemm- und Moränenböden behandeln. Da Verwitterungsböden in Schweden selten sind, so wird die Natur derselben unten nur studiert, um den Gang der Verwitterung vollständiger verfolgen zu können. Die Moor- und Humusböden werden hier nicht behandelt.

Nach der verschiedenen Feinkörnigkeit der Bestandteile werden die Schwemm- und Moränenböden meistens in folgende Hauptgruppen eingeteilt:

1. Die Geröll- und Kiesböden.
2. Die Sandböden.
3. Die Lehm- und Lössböden.
4. Die Tonböden.

Die Verwitterungsböden werden meist ebenso klassifiziert. Als selbständiges Glied wird jedoch unterschieden:

5. Die Lateritböden der tropischen Länder.

Diese Hauptgruppen lassen sich bisher nicht scharf trennen. Denn erstens sind die Begriffe Geröll, Kies und Sand bisher nicht definitiv begrenzt worden. Weiter ist der Begriff Lehm noch unbestimmter. Unter diesem Namen werden Böden zusammengestellt, die entweder aus allerlei Mischungen von gröberen und feineren bis zu mikroskopisch feinen Sanden, oder nur aus sehr feinen Sanden bestehen (Löss-Bildungen). Die Tonböden sind ebenso verschiedenartig wie die Lehmböden, und hat man eine bestimmte Grenze zwischen den Lehm- und Tonböden nicht ziehen können. Die Lateritböden und sonstige Verwitterungsböden sind bisher nur wenig studiert worden.

Wenn man diese Böden genauer studieren und unterscheiden will, so müssen erst die Bodenbestandteile und deren Eigenschaften vollständiger untersucht werden. Die Eigenschaften der meisten Bodenbestandteile sind aber bisher nur oberflächlich bekannt geworden. Die feineren Sande (unter 0.02 mm) sind zudem gar nicht rein dargestellt worden. — Sogar die Bestandteile der Tone sind bisher nicht sichergestellt. Man hat früher stets Kaolin als den Hauptbestandteil der Tone betrachtet. Nach neueren Ansichten würde indessen bei gewöhnlicher Verwitterung gar kein Kaolin entstehen, und die sedimentären Tone wären danach als kaolinfrei anzusehen. — Die Laterite werden teils als aus Kaolin, teils als aus Tonerdehydrat (Bauxit) bestehend erklärt.

Da die Bodenbestandteile so wenig studiert sind, so kann es kein Wunder nehmen, dass die verschiedenen Bodenarten sich nicht genau kennzeichnen lassen. Nur nach eingehenden und vielseitigen Untersuchungen kann es möglich werden, die Bodenarten besser zu begrenzen und ein gutes Bodensystem aufzustellen.

Die Untersuchungen, die ich angefangen habe, zerfallen in vier Teile: A. Die Bestandteile der Kies-, Sand- und Lehmböden. B. Die Bestandteile der tonartigen Böden. C. Die Klassifikation der Schwemm- und Moränenböden nach deren Eigenschaften und Bestandteilen. D. Analytische Bestimmungsmethoden.

Die Abteilung A der Untersuchung ist schon in der Zeitschrift der schwedischen landwirtschaftlichen Akademie[1]) publiziert und in der Chemiker-Zeitung 1906 von mir kurz

[1]) Kungl. Landtbruksakademiens Handlingar 1903.

besprochen worden. Hier will ich über diese Untersuchung etwas ausführlicher berichten. — Über die Abteilung B der Untersuchung finden sich vorläufige Mitteilungen in der Zeitschrift der schwedischen landwirtschaftlichen Akademie und in den Verhandlungen des schwedischen geologischen Vereins 1908.

A. Die Bestandteile der Kies-, Sand- und Lehmböden. Deren Eigenschaften und rationelle Einteilung.

1. Die bisherige Begrenzung der Begriffe Kies und Sand.

Die Begriffe Kies und Sand sind bisher sehr verschieden aufgefasst worden, wie ich durch folgende Zitate zeigen will.

Die Grenze zwischen Kies und Sand wurde von KNOP 1868[1]) bei **0.9** mm Körnerdurchmesser gestellt. HILGARD[2]) stellte 1879 die Grenze bei etwa **0.4** mm. NOWACKI 1884,[3]) KÜHN 1893,[4]) WHITNEY 1897,[5]) PETERMANN 1898[6]) und HOPKINS 1899[7]) stellten dieselbe bei **1.0** mm. VON POST 1877,[8]) ORTH 1882,[9]) WOELFFER 1892,[10]) Verein der Versuchsstationen Würzburg 1893,[11]) RAMANN 1893[12]) stellten wiederum die Grenze bei **2.0** mm. WILLIAMS 1895[13]) setzte dieselbe bei **3.0** mm und FERET 1901[14]) bei **5.0** mm.

Ebenso verschieden wird die untere Grenze des Sandbegriffes aufgefasst. **0.25** mm ist bei WILLIAMS[13]) die Grenze zwischen Sand und Staub. **0.2** mm bei NOWACKI[3]) und PETERMANN.[6]) **0.18** mm bei VON POST.[8]) **0.1** mm bei RAMANN,[12]) bei BEAL[15]) und WHITNEY.[5]) Etwa **0.06** mm ist die Grenze bei HILGARD.[2]) **0.05** mm ist die Grenze bei WOELFFER.[10]) **0.032** mm bei HOPKINS.[7]) **0.02** mm bei Seger[16]) zwischen Staubsand und Schluff.

---

[1]) KNOP, Kreislauf des Stoffes, S. 473.
[2]) HILGARD, Forschungen a. d. Geb. der Agrikulturphysik, 1879.
[3]) NOWACKI, Praktische Bodenkunde, 1892, S. 50—52.
[4]) KÜHN, Landw. Versuchs-Stationen 1893.
[5]) WHITNEY, Yearbook of the departm. of agriculture 1897, S. 440.
[6]) PETERMANN, Rech. de chim. et de phys. Tome III, 1898.
[7]) HOPKINS, Departm. of Agric., Division of Chemistry, Bull. 56.
[8]) VON POST, Grundlinier till Åkerbrukskemien, 1877.
[9]) ORTH, Berichte d. d. chem. Gesellschaft 1882, S. 3025.
[10]) WOELFFER, LAUFER und WANSCHAFFE. Die geol. Spezialkarte, 1892.
[11]) Landw. Versuchs-Stationen 1893.
[12]) RAMANN, Forstliche Bodenkunde, 1893.
[13]) FADEJEW-WILLIAMS, Forsch. d. Agrikulturphysik, 1895.
[14]) FERET, Bull. d. l. société belge de géologie, 1901.
[15]) BEAL, Handbook of experimental works, 1893.
[16]) SEGER, nach LADENBURG, Handwörterbuch der Chemie.

Die Ursache dafür, dass diese Zahlen so verschieden hoch gestellt sind, liegt natürlich daran, dass bisher keine von der Natur gezogenen Grenzen bekannt waren. Solche natürliche Grenzen müssen sich jedoch finden. Es ist ja wohl bekannt, dass gröbere Sande trocken sind und darum schlechte Sandböden bilden, die nicht als Kulturböden, sondern nur als Waldböden passen. Feinere Sande sind dagegen gut wasserbehaltend und liefern darum bei guter Kultur die guten Sandböden. Eine Grenze zwischen den groben, trocknen, schlechten Sanden und den feineren, gut wasserbehaltenden Sanden muss sich darum wenigstens annähernd feststellen lassen.

Ebensowohl ist es bekannt, dass die sehr feinen, staubförmigen Sande, wenn dieselben feucht sind, sich bei dem Bearbeiten mit den Kulturgeräten fast wie Tonböden verhalten. Eine bestimmte Grenze zwischen diesen und den etwas gröberen Sanden, die leicht bearbeitbar sind, muss sich wohl ebenfalls annähernd ziehen lassen.

Wenn derartige von der Natur gezogene Grenzen in den Eigenschaften von gröberen und feineren Bestandteilen bekannt wären, so würden sich die Bodenbestandteile in Gliedern von bestimmten Eigenschaften einteilen lassen. Eine solche Einteilung wäre eine natürliche Einteilung, und würde dieselbe wohl Aussicht haben, international angenommen zu werden. Um solche Grenzen aufzusuchen, habe ich mein Studium der sandartigen Bodenbestandteile aufgenommen. —

Das erste Glied dieser Arbeit war die Bereitung eines guten Untersuchungsmaterials. Das Untersuchungsmaterial sollte reinsortierte Sande von allerlei Körnungsgraden, von den gröbsten zu den feinsten umfassen, und sollten die Dimensionen der Sandkörnungen ganz scharf festgestellt werden.

2. Die Reindarstellung der gröberen und feineren Sande.

Als Ausgangsmaterial für die Reindarstellung der Sande wurden benutzt:

1. Kies und grober Sand aus zwei „Åsar" (d. s. langgestreckte Hügelbildungen), Flussabsätze aus der Eiszeit, in der Nähe von Kalmar befindlich (Stensö, Wassmolösa).
2. Ein feiner und ein toniger Glazialsand aus der Kalmargegend (Kulltorp, Svartingstorp).
3. Ein Gärton, d. i. mikroskopisch feiner Sand aus der Provinz Helsingland in Nord-Schweden (Ramsjö).

Der Kies und die gröberen Sande wurden durch Auskochen mit Salzsäure und Natronlauge gereinigt und dann durch Siebe von 5, 2, 1, 0.5 und 0.2 mm Weite der Löcher getrennt.

Als Siebe benutze ich stets Drahtsiebe, nicht Rundlochsiebe. Die Rundlochsiebe arbeiten gar zu langsam, haben stets zu wenig Löcher, und sind darum, wenn grössere Sandquantitäten schnell gesiebt werden müssen, gar nicht anzuwenden. — Die Maschenweiten der gröberen Siebe wurden makroskopisch, die der feineren Siebe mikroskopisch kontrolliert.

Die feineren Sande wurden nach vorausgegangener Behandlung mit Salzsäure und Natronlauge in Körnungen verschiedener Feinheit durch systematisches Schlämmen geteilt. Bei den mittelfeinen Sanden: 0.2—0.1 mm und 0.1—0.05 mm, wurde dabei der Schlämmapparat Kopeckys benutzt,[1]) weil dieser Apparat grössere Sandquantitäten zu behandeln ermöglicht. Da ich bei diesem Apparate strömendes Wasser aus der hiesigen Wasserleitung benutzte, so wurde es notwendig, die fertig geschlämmten Sande nachher durch Salzsäure und Natronlauge wieder zu reinigen. Bei den übrigen Arbeiten wurde stets nur destilliertes Wasser benutzt.

Die feinsten Sande wurden durch systematisches Schlämmen ohne besondere Schlämmapparate getrennt. Die rohen, nur durch Salzsäure und Natronlauge gereinigten Sande wurden dazu in niedrigen, weiten Glaszylindern mit Wasser aufgeschlämmt, bei einer bestimmten Wasserhöhe eine gewisse Zeit stehen gelassen, wonach das Wasser abgehebert wurde. Dieses Aufschlämmen, Absitzenlassen und Abhebern wurde immer wiederholt, bis nach der bestimmten Ruhezeit schliesslich nur klares Wasser abgehebert wurde. Durch Verwendung verschiedener Absetzzeiten wurden verschiedene Sandkörnungen gewonnen.

Um Sandkörnungen genau bestimmter Feinheitsgrade zu bekommen, wurden anfangs die dazu nötigen Absetzzeiten aus den für den Schöneschen Schlämmapparat gegebenen Formeln[2]) berechnet.

Zur Kontrolle dafür, dass die Schlämmprodukte die beabsichtigten Feinheitsgrade wirklich besassen, wurden stets mikro-

[1]) Kopecky, Die Bodenuntersuchung, Prag 1901.

[2]) Schöne, Zeitschr. für analytische Chemie 1868 und Wanschaffe Wissenschaftliche Bodenuntersuchung, 1903, S. 31—43.

skopische Messungen der Schlämmprodukte ausgeführt. Bei diesen Messungen fand es sich aber oft, dass die Schlämmprodukte die theoretisch berechneten Körnungsgrade nicht genau zeigten. Es wurde darum notwendig, eine besondere Untersuchung über die Schlämmmethoden anzustellen.

3. Einiges über die Methoden der Schlämmanalyse.

Die Schlämmapparate sind zweierlei Art:

1. Die Spülapparate, die mit strömendem Wasser arbeiten und wo die Geschwindigkeit des Wasserstromes den Feinheitsgrad des Schlämmproduktes bestimmt.
2. Die Sedimentierapparate, wo der Sand mit Wasser wiederholt aufgerührt wird und jedesmal nach einer bestimmten Zeit das noch unklare Wasser abgehebert wird. Hier bestimmt die Höhe der Wassersäule und die Länge der Ruhezeit den Feinheitsgrad des abgelagerten Sandes.

Die Spülapparate haben den Vorteil bequemer Arbeit. Sie sind aber in der Aufstellung recht kompliziert und verbrauchen viel destilliertes Wasser. Sie können dazu nur Sande, die gröber als 0.01 mm sind, reinschlämmen. Die Sedimentierapparate erfordern mehr Arbeit, sind dagegen einfach und verbrauchen wenig Wasser. Mit denselben können Sande jedes Feinheitsgrades isoliert werden.

Von den Spülapparaten ist der Apparat von SCHÖNE[1] der meist empfohlene. SCHÖNE hat für das Verhältnis der Wassergeschwindigkeit (v) zu dem Diameter der Sandkörner (d) die Formel

$$d = 0.0314\ v^{7/11}\ \mathrm{mm}$$

aufgestellt, welche Formel ebenfalls für mehrere andere Apparate, Spül- wie Sedimentierapparate, benutzt worden ist.

Bei meinen ersten Versuchen benutzte ich den Sedimentierapparat APPIANIS,[2]) von der Firma ZAMBELLI & OMODEI in Turin bezogen. Dieser Apparat ist für gewöhnliche Analysen mit kleiner Menge Substanz recht bequem, zeigt jedoch einige Fehler, die ich später behandeln will.

---

[1]) SCHÖNE, Zeitschr. für analytische Chemie 1868 und WAHNSCHAFFE, Wissenschaftliche Bodenuntersuchung 1903, S. 31—43.

[2]) APPIANI, Forschungen d. Agrik.-Physik 17, 291, 1894.

Nach der Formel SCHÖNES wurde der Apparat bei 10 cm Wasserhöhe und einer Absetzzeit von 48″ Sand gröber als 0.05 mm liefern. Das Schlämmprodukt zeigte den Körnerdurchmesser von 0.10—0.056 mm.

Bei 3′ 20″ Absetzzeit würde Sand von 0.05—0.02 mm zu erhalten sein. Das Produkt zeigte aber 0.056—0.028 mm.

Bei 10′ 0″ wurde statt Sand von 0.02—0.01 mm, Sand von 0.030—0.015 mm erhalten und bei 29′ wurde statt Sand von 0.01—0.005 mm, Sand von 0.022—0.09 abgesondert.

Der Apparat lieferte darum nicht die erwarteten Körnungsgrade.

Ich versuchte dann den Spülapparat KOPECKYS.[1]) Dieser Apparat ist mit drei Schlämmzylindern versehen, um in einer Operation Sandkörnungen von sowohl 0.2—0.1 mm, als von 0.1—0.05 mm und 0.05—0.01 mm liefern zu können. Die Durchmesser der drei Zylinder sind aus der Formel SCHÖNES berechnet. Da ich das Schlämmprodukt 0.05—0.01 mm in zwei Teile von 0.05—0.02 und 0.02—0.01 mm teilen wollte, bestellte ich einen vierten Schlämmzylinder und berechnete wie KOPECKY den nötigen Durchmesser nach SCHÖNES Formel.

Da dieser Apparat so eingestellt wurde, dass dieselbe ein Liter Wasser in 253 Sekunden lieferte, so würde in dem ersten Zylinder Sand gröber als 0.01 mm, in dem zweiten Sand gröber als 0.05 mm, in dem dritten Sand gröber als 0.02 mm und in dem vierten Sand gröber als 0.01 mm erwartet. Bei der mikroskopischen Messung zeigte aber keines der Schlämmprodukte den richtigen Körnungsgrad.

Durch wiederholte Versuche gelang es, eine Wassergeschwindigkeit zu bekommen, welche in dem zweiten Zylinder Sand von 0.10—0.05 mm lieferte. Die Sande in dem dritten und vierten Zylinder fielen dann aber zu grob aus. Wenn dagegen die Wassergeschwindigkeit so bemessen wurde, dass der Sand des dritten Zylinders die richtige Feinheit zeigte, so wurde der Sand in den zwei ersten Zylindern viel zu feinkörnig.

Die Arbeit des Apparates stimmte darum gar nicht mit der theoretischen Berechnung überein. Die Durchmesser der Zylinder müssen geändert werden, wenn der Apparat richtige Resultate liefern soll. Ich habe darum bei Anwendung des

[1]) KOPECKY, Die Bodenuntersuchung, Prag 1901.

Apparates für Präparierarbeiten jedesmal nur einen der Schlämmzylinder benutzt.

Da keiner dieser Apparate richtige Resultate lieferte, versuchte ich, ob das Schlämmen in offenen Glaszylindern mit den Absetzzeiten, die nach der Formel SCHÖNES berechnet wurden, richtigere Resultate gibt. Es fand sich, dass anstatt der erwarteten Körnung der Schlämmprodukte von

0.10 —0.05	mm, Sand von	0.115—0.056	erhalten wurde,
0.05 —0.02	„ „ „	0.061—0.029	„ „
0.02 —0.01	„ „ „	0.036—0.015	„ „
0.010—0.005	„ „ „	0.021—0.007	„ „ .

Bei sämtlichen Versuchen wurden also meist zu grobe Schlämmprodukte erhalten. Es war aus diesen Ergebnissen nur der Schluss zu ziehen, dass die Formel SCHÖNES nicht richtig sein konnte.

Aus diesem Grunde wurde es notwendig, durch besondere Versuche den wirklichen Zusammenhang zwischen den Absetzzeiten und die Körnung der Schlämmprodukte zu bestimmen. Diese Versuche waren sehr mühsam. Jede gewünschte Sandkörnung musste bei wiederholt geänderten Absetzzeiten unter stetiger mikroskopischer Messung der Schlämmprodukte umgeschlämmt werden, bis endlich die richtigen Absetzzeiten, welche die gewünschten Körnungen lieferten, gefunden wurden. Dabei bereiteten die oft vorhandenen, bisweilen zahlreichen Glimmerschuppen grosse Schwierigkeiten, weil dieselben stets grössere Dimensionen der Oberfläche als die übrigen Sandkörner zeigten.

Die durch diese Versuche für die einzelnen Sandkörnungen direkt gefundenen Absetzzeiten wurden schliesslich so korrigiert, dass dieselben eine regelmässige Reihe bildeten. Es wurde so gefunden:

Das wirkliche Verhältnis zwischen den Absetzzeiten und den Körnergrössen der Schlämmprodukte, für 10 cm Wasserhöhe berechnet.

Bei einer Absetzzeit von	Ist der Durchmesser der abgeschlämmten Körner kleiner als
8 Stunden	0.002 mm
2 „	0.005 „
30 Minuten	0.01 „
7 Minuten 30 Sekunden	0.02 „
1 Minute 56 „	0.05 „
25 „	0.10 „

Diese korrigierten Absetzzeiten sind für alle Sedimentierapparate brauchbar. Mit der Hilfe dieser Absetzzeiten wurden die feineren Sandkörnungen für meine Untersuchung bereitet.

4. Die reindargestellten Sandkörnungen.

Die durch oben beschriebene Methoden reindargestellten Sandkörnungen waren die folgenden:

Sand	von	5	bis	2	mm	(Feiner Kies),
"	"	2	"	1	"	(Sand),
"	"	1	"	0.5	"	
"	"	0.5	"	0.2	"	
"	"	0.2	"	0.1	"	(Mo),
"	"	0.1	"	0.05	"	
"	"	0.05	"	0.02	"	
"	"	0.02	"	0.01	"	(Mjuna),
"	"	0.01	"	0.005	"	
"	"	0.005	"	0.002	"	
"	"	0.002	"	etwa 0.001	mm.	

Die Sande gröber als 0.02 mm waren wirkliche Sande, deren Körner sich durch das unbewaffnete Auge unterscheiden liessen. Die Körnungen feiner als 0.02 mm waren mikroskopische Sande.

Bei dem Trocknen der fertiggeschlämmten Sande behielten die Sande feiner als 0.05 mm die Form des feuchten Sandes, zerfielen aber bei schwachem Drucke zu Pulver.

Sämtliche Körnungen zeigten sich bei mikroskopischer Untersuchung nur aus Sandkörnern bestehend und waren ganz frei von amorphen tonartigen Aggregaten. Die Farbe der groben Sandkörnungen war, wegen des vorherrschenden Ortoklasgehaltes, hellrot. Die Farbe der Körnung 0.2—0.1 mm war nur rötlich. Die Körnung 0.1—0.05 war nur schwach ins Rötliche spielend. Alle feineren Körnungen waren farblos. Nur die aus dem „Gärton“ dargestellten Körnungen erwiesen wegen bedeutenden Gehaltes an Hornblende und Magnetitkörnern einen Stich ins Graue auf.

Die Hauptbestandteile der Sande, auch der farblosen, waren Feldspat und Quarz. Die chemische Analyse des Sandes aus Wassmolösa zeigte die folgenden Gehalte an Sesquioxyden in der Körnung:

1.0—0.5	mm	14.18 %,
0.5—0.2	„	14.22 „
0.2—0.1	„	13.56 „
0.1—0.05	„	12.44 „

was einem Feldspatgehalte von etwa 60 % entspricht. Eine Körnung 0.5—0.2 mm ergab bei der Auslese auf dem Objekttisch des Mikroskops 32 % Quarzkörner, 44 % rötlich gefärbte Feldspatkörner und 22 % ungefärbte Feldspatkörner mit matter Oberfläche.

In einigen aus dem „Gärton“ aus Ramsjö dargestellten Körnungen wurden bei der Analyse folgende Gehalte gefunden:

	Sesquioxyde	Kali
In der Körnung 0.2 bis 0.1 mm . .	12.98	3.72
„ „ „ 0.12 „ 0.06 „ . .	11.90	3.39
„ „ „ 0.06 „ 0.03 „ . .	11.90	3.34
„ „ „ 0.036 „ 0.015 „ . .	12.42	3.10.

Das entspricht etwa 20 % Ortoklas und 45 % Albit.

In zwei feinen Körnungen des Glazialsandes waren enthalten:

In der Körnung 0.02 — 0.006 mm bis 15.15 % Sesquioxyde.
„ „ „ 0.005 — 0.001 „ „ 15.40 „ „

Trotz der weissen Farbe war darum nirgends Quarz der Hauptbestandteil der Sande, sondern die Feldspate. Glimmerschuppen fanden sich nur in den feinsten Körnungen vor.

Vollständigere Analysen wurden bei den Sandkörnungen aus Kulltorp ausgeführt.

Körnungsgrad:	0.5—0.2 mm	0.2—0.1 mm	0.1—0.05 mm	0.05—0.02 mm
Kieselsäure, nicht bestimmt		—	—	—
Tonerde . . .	13.48	13.82	12.88	13.37
Eisenoxyd . .	0.50	0.55	1.02	1.04
Kalk	0.87	1.14	1.72	2.10
Magnesia . . .	—	—	—	—
Kali	4.26	4.19	3.58	3.26
Natron . . .	4.89	4.55	5.43	5.12
Wasser . . .	—	—	0.33	0.60

Körnungsgrad:	0.02—0.01 mm	0.01—0.005 mm
Kieselsäure	—	—
Tonerde	12.87	12.93
Eisenoxyd	1.49	1.35
Kalk	2.53	1.13
Magnesia	0.58	0.37
Kali	3.41	3.75
Natron	3.45	2.69
Wasser	0.33	0.60

Nach den Analysen besitzen diese Körnungen etwa die folgende mineralogische Zusammensetzung:

Körnung:	0.5—0.2 mm	0.2—0.1 mm	0.1—0.05 mm
Kalifeldspat . . .	25 %	25 %	21 %
Natronfeldspat . .	38 „	38 „	33 „
Kalkfeldspat . . .	4 „	6 „	9 „
Quarz	33 „	31 „	37 „

Körnung:	0.05—0.02 mm	0.02—0.01 mm	0.01—0.005 mm
Kalifeldspat . . .	19 %	20 %	19 %
Natronfeldspat . .	38 „	28 „	23 „
Kalkfeldspat . . .	10 „	13 „	6 „
Magnesia- und Eisensilikate . .	— „	2 „	5 „
Kaliglimmer . . .	— „	— „	5 „
Quarz	33 „	42 „	42 „

Eine mineralogische Analyse der Sandkörnungen nach den Methoden der optischen Mineralanalyse war nicht bei allen Körnungen ausführbar, denn schon bei den Körnungen von 0.05 bis 0.01 werden nach Steinriede[1]) die Polarisationsfarben schwach, und feinere Partikeln zeigen keine Polarisationsfarben mehr. Ich habe darum von einer derartigen mikroskopischen Untersuchung meines Untersuchungsmaterials abgesehen.

5. Die Hygroskopizität der feinen Sande.

Um die Hygroskopizität der Sande zu untersuchen, wurden Proben der Sandkörnungen erst in offenen Nickelschalen zwei Wochen bei 10°, dann zwei Tage in Glasglocken über Wasser bei 16° und dann wieder neun Tage über Wasser gestellt. Folgende Feuchtigkeitsprozente wurden gefunden:

	In Zimmerluft bei 10°	Über Wasser bei 16° in 2 Tagen	Über Wasser bei 16° in 9 Tagen
Die Körnung 0.05 —0.02 mm . . .	0.00	0.10	0.14
„ „ 0.02 —0.01 „ . . .	0.03	0.15	0.23
„ „ 0.01 —0.005 „ . . .	0.05	0.17	0.25
„ „ 0.005—0.002 „ . . .	0.07	0.26	0.37
„ „ 0.002—0.001 „ . . .	0.15	0.84	1.01.

Die Hygroskopizität in Zimmerluft war darum auch bei diesen feinen Sanden sehr gering, mit Ausnahme nur der Körnung

[1]) Steinriede, Anleitung zur mineralogischen Bodenanalyse, 1889, Tabelle VIII.

0.002—0.001 mm. Der geringe Feuchtigkeitsgehalt ist jedoch hinreichend um die Sandkörner unter 0.02 mm etwas zusammenhaftend zu machen. Wenn man Sande gröber als 0.02 mm aus einem Gefäss in das andere schüttet, so fliessen die Körner jedes für sich. Sande feiner als 0.02 mm fliessen nicht so, sondern es haften die Körner etwas zusammen, lose Aggregate bildend.

6. Luftgehalt und Volumgewicht der Sandkörnungen.

Das Volumen der Luftporen bei Sand- und bei Bodenarten ist nach Soyka[1]) zuerst von Lang 1878 und Flügge 1879 behandelt worden. Lang zeigte durch geometrische Berechnung, dass das „Porenvolumen" gleichkörniger Sande von der Grösse der Sandkörner unabhängig ist, dagegen mit der Art der Lagerung der Sandkörner stark wechselt. Bei lockerster Lagerung berechnete derselbe das Porenvolumen zu 47.64 %, bei dichtester Lagerung zu 25.95 %. — Flügge fand bei direktem Versuche: bei Kies das Porenvolumen zu 38.4—40.1 %, bei Sand zu 35.6 bis 40.8 %, bei Lehm zu 36.2 %, bei gemischten Sanden zu 23.1—28.9 %. — Wollny[2]) fand 1886 bei Quarzsand verschiedene Feinheitsgrade folgender Porenvolumina.

Bei Sand von 2—1 mm	38.2 %.
„ „ „ 1—0.5 „	39.1 „
„ „ „ 0.5—0.25 „	40.6 „
„ „ „ 0.25—0.17 „	41.3 „
„ „ „ 0.17—0.11 „	43.6 „
„ „ „ 0.11—0.07 „	46.9 „
„ „ „ 0.07—0.01 „	47.9 „

Ich untersuchte das Luftvolumen meiner Sandkörnungen in folgender Weise. Ein graduierter Glaszylinder mit Stopfen wurde erst gewogen, dann zu $^2/_3$ mit Sand gefüllt und wieder gewogen. Wasser wurde in Überschuss zugefügt. Durch fleissiges Rollen des Zylinders in verschiedenen Richtungen konnten sämtliche dem Sande anhaftende Luftblasen entfernt werden. Die feinsten Sandkörnungen wurden zur völligen Entfernung der Luft mit Wasser gekocht und erst dann in den Zylinder eingefüllt.

---

[1]) Soyka, Forschungen d. Agr.-Physik 8, 1, 1885 und Soyka, Der Boden, 1887, in Handbuch der Hygiene von Pettenkofer-Ziemssen.

[2]) Wollny, Forsch. d. Agr.-Phys. 8, 368, 1886.

Der Sand wurde dann durch fleissiges Klopfen des Zylinders möglichst stark zusammengeschüttelt. Erst wenn das Sandvolumen, auf der Graduierung abgelesen, sich konstant zeigte, wurde das Klopfen beendigt. Dann wurde der Wasserüberschuss entfernt. Das Sandvolumen wurde abgelesen und das Gewicht des so gefüllten Zylinders bestimmt. Der Versuch wurde mit neuen Sandmengen mehrmals wiederholt, und die Mittelzahl der Resultate berechnet. So wurden folgende Ziffern gewonnen:

	Litergewicht des in Wasser zusammengeschüttelten Sandes g	Porenvolumen des Sandes %	Daraus berechnetes Volumgewicht g
Sand von 5—2 mm . .	1.584	40.1	2.64
„ „ 2—1 „ . .	1.577	40.4	2.66
„ „ 1—0.5 „ . .	1.540	41.8	2.65
„ „ 0.5—0.2 „ . .	1.580	40.5	2.65
„ „ 0.2—0.1 „ . .	1.591	40.4	2.66
„ „ 0.1—0.05 „ . .	1.583	41.0	2.68
„ „ 0.05—0.02 „ . .	1.596	41.0	2.67
„ „ 0.02—0.01 „ . .	1.560	42.3	3.06
„ „ 0.01—0.005 „ . .	1.555	42.7	2.85

Die Ziffern konstatieren, dass das Porenvolumen der Sande bei wechselndem Körnungsgrade nicht wechselt. Nur die beiden feinsten Sande zeigten ein etwas grösseres Volumen, wohl wegen der Schwierigkeit, diese feinen Sande gut zusammenzuschütteln. Da Wollny für seine feinen Sande viel grössere Porenvolumina fand, so hat er dieselben wohl ungenügend zusammengeschüttelt, oder es waren die Proben nicht tonfrei.

Das Volumengewicht war bei den sieben ersten Sandkörnungen fast konstant, bei den zwei letzten Proben höher, was durch den Gehalt an Magnetit und Hornblende in diesen Proben sich erklären lässt.

Obige Ziffern für die Porenvolumina sind nur für glaziale Sande gültig. Sande anderer Herkunft können andere Porenvolumina zeigen. Französischer Tertiärsand von 0.35—0.18 mm und alluvialer Ufersand aus Oeland von 0.25—0.10 mm Körnerdurchmesser zeigten die folgenden Ziffern:

	Litergewicht g	Porenvolumen %	Volumgewicht g
Französischer Tertiärsand . . .	1.708	35.9	2.67
Sand aus Oeland	1.597	38.8	2.61

Diese Sandarten zeigten ein wesentlich kleineres Porenvolumen und darum ein höheres Litergewicht als meine glazialen Sande. Der Unterschied wird dadurch erklärt, dass die Körner des Tertiärsandes fast kugelig, und die Körner des Oeland-Sandes stark abgerundet waren. Meine Körnungen zeigten dagegen hauptsächlich stark eckige Körner mit nur kleiner Beimengung von abgerundeten.[1]

Auch bei gemischten Sanden, mehrere verschiedene Sandkörnungen enthaltend, ist das Porenvolumen niedriger. FLÜGGE fand (nach SOYKA) bei Mischungen von Sand und Kies nur 23.1—28.9 % Porenvolumen. Ich fand beim Mischen gleicher Volumina Sand von 2—1 mm und von 1—0.5 mm eine Volumenverminderung von 2.4 % und ein Porenvolumen von **39.7** %. Beim Mischen von 50 g Sand von 2—1 mm, 100 g Sand 1—0.5 mm und 50 g Sand 0.5—0.2 mm fand ich eine Volumenverkleinerung von 4.7 % und ein Porenvolumen von **38.5** %. Beim Mischen gleicher Volumina Sand von 2—1 mm, 1—0.5 mm und 0.5—0.2 mm fand ich eine Volumenverminderung von 7.4 % und ein Porenvolumen von **36.2** %. Beim Mischen gleicher Volumina Sand von 1—0.5, 0.5—0.2, 0.2—0.1, 0.1—0.05, 0.05—0.02 und 0.02—0.01 mm, fand ich nach gutem Zusammenklopfen der Mischung eine Volumenverminderung von 10.8 % und ein Porenvolumen von **30.3** %. So niedrige Ziffern wie FLÜGGES konnte ich jedoch nicht erzielen.

Da die Volumina meiner Sandkörnungen bei Zusammenschütteln unter Wasser sich fast gleich zeigten, so war es von Interesse zu untersuchen, wie verschieden die Volumina bei trocknem Zusammenschütteln ausfielen. Es wurde gefunden:

	Bei lockerer Ausfüllung des Messgefässes	Bei starkem Zusammenschütteln ohne Wasser	Beim Zusammenschütteln in Wasser
Sand von 5—2 mm . .	98	97	100
„ „ 2—1 „ . .	106	97	100
„ „ 1—0.5 „ . .	106	100	100
„ „ 0.5—0.2 „ . .	115	102	100
„ „ 0.2—0.1 „ . .	116	104	100
„ „ 0.1—0.05 „ . .	122	106	100
„ „ 0.05—0.02 „ . .	145	111	100
„ „ 0.02—0.01 „ . .	147	115	100
„ „ 0.01—0.005 „ . .	163	119	100

[1]) Die eckigen Körner stammen aus den Graniten des südöstlichen Schwedens. Die abgerundeten Körner stammen aus den kambrischen Sandsteinen.

7. Die Kapillarität der Sandkörnungen.

Die für die Pflanzen wie für die Landwirtschaft wichtigste Eigenschaft der Böden ist ihr Verhalten zu dem Wasser. Von den Nährstoffen, welche die Pflanzen zu ihrem Wachstum nötig haben, wird das Wasser in der weitgrössten Menge verbraucht. Es wird darum von einem guten Pflanzenboden vor allem gefordert, dass derselbe den Pflanzen einen hinreichenden Wasservorrat zur Verfügung stellen kann.

Das Wasser wird von dem Boden den Pflanzen zugeführt, entweder von unten durch die Kapillarität, oder von oben durch das Niederschlagswasser (oder durch künstliche oder natürliche Wasserzuleitung). Der Kapillaritätsgrad und der Grad der wasserhaltenden Kraft sind darum sehr wichtige Eigenschaften eines jeden Bodens. Die Sande mussten darum in diesen Hinsichten genau untersucht werden.

Die Kapillarität der Sande ist die Höhe, wohin die trocknen Sande das Wasser heben können. Sie wird auch „Kapillare Steighöhe“ genannt.

Mehrere Verfasser haben die Kapillarität der Sande studiert, haben aber dabei nur einzelne und gröbere Sandkörnungen benutzt. Etwas ausführlicher hat Wollny die Kapillarität des Quarzsandes untersucht. Er fand [1]) folgende kapilläre Steighöhen:

	In 24 Stunden	In 48 Stunden	In 264 Stunden
	cm	cm	cm
Bei Sand von 2.0 —1.0 mm	4.4	4.7	5.9
„ „ „ 1.0 —0.5 „	8.1	8.7	10.1
„ „ „ 0.5 —0.25 „	15.0	16.2	18.1
„ „ „ 0.25—0.17 „ } „ „ „ 0.17—0.11 „ }	22—23	22.8—25.1	25.8—28.4
„ „ „ 0.11—0.07 „	43.5	45.3	50.0
„ „ „ 0.07—0.01 „	89.0	100 ?	?

Die maximale Steighöhe wurde nicht bestimmt.

Um die maximalen Steighöhen zu finden, habe ich folgende Versuche angestellt.

Eine Anzahl Glasröhren wurden unten ausgezogen und die ausgezogenen Spitzen mit Baumwolle verschlossen. Der Sand wurde dann eingefüllt und stark zusammengeklopft. Bei den feineren Sanden wurden die Füllungen mit Hilfe eines Glas-

[1]) Wollny, Forsch. d. Agr.-Phys. 7, 270, 1884.

stabes stark zusammengepackt. Um hohe Säulen zu bekommen, wurden bisweilen mehrere Glasröhren durch Gummischläuche verbunden.

Die Röhren wurden in Wasser so tief gestellt, dass die Oberfläche des Wassers sich über die Baumwolle erhöhte. Die Steighöhe des Wassers wurde täglich notiert.

Beim Eindringen des Wassers in die Röhren setzte sich bei den feineren Sanden der benetzte Teil und es entstanden dann grössere Luftblasen in den Sandsäulen. Wenn diese Blasen nur auf der einen Seite des Rohres sich zeigten, schienen dieselben auf die Resultate keinen Einfluss zu haben.

Die Versuche ergaben die folgenden Steighöhen in mm.

	In 5 Minuten	In 35 Minuten	In 5 Stunden	In 1 Tage	In 2 Tagen	In 3 Tagen
Sand: 5.0—2.0 mm	12	15	—	22?	—	25?[1]
„ 2.0—1.0 „	33	37	40	54	60	64
„ 1.0—0.5 „	70	77	92	115	123	130
„ 0.5—0.2 „	115	150	180	214	230	236
„ 0.2—0.1 „	105	265	350	376	396	401
„ 0.1—0.05 „	—	—	377	530	574	602
„ 0.05—0.02 „	—	—	—	1153	1360	1466
„ 0.02—0.01 „	—	—	—	485	922	1318

	In 4 Tagen	In 5 Tagen	In 6 Tagen	In 7 Tagen	In 8 Tagen	In 11 Tagen
Sand: 5.0—2.0 mm	—	—	—	—	—	—
„ 2.0—1.0 „	65	—	—	—	—	—
„ 1.0—0.5 „	131	—	—	—	—	—
„ 0.5—0.2 „	237	243	245	246	246	—
„ 0.2—0.1 „	411	417	427	428	428	—
„ 0.1—0.05 „	629	650	741	807	850	925
„ 0.05—0.02 „	1531	1575	1603	1632	1657	1709
„ 0.02—0.01 „	1536	1689	—	1895	1933	—

	In 14 Tagen	In 18 Tagen	In 30 Tagen	In 40 Tagen	In 53 Tagen	In 63 Tagen	In 72 Tagen
Sand: 0.1—0.05 mm	948	966	1000	1028	—	1052	1055
„ 0.05—0.02 „	—	1774	—	1839	1860	?	—
„ 0.02—0.01 „	2048	2093	2447	?	?	?	—

Bei den zwei feinsten untersuchten Sanden mussten die Versuche abgeschlossen werden, ehe die maximale Steighöhe

[1]) Schwierig abzulesen. Der Sand nur befeuchtet. Keine gefüllten Kapillaren.

erreicht werden konnte. Nach den übrigen Ziffern zu beurteilen, scheint die maximale Steighöhe bei dem Sande 0.05—0.02 mm 2 m nicht zu untersteigen.

Die schliesslich gefundenen maximalen Steighöhen waren die folgenden:

Sandkörnung	Steighöhe	Sandkörnung	Steighöhe
5.0—2.0 mm	25 mm	0.2 —0.1 mm . . .	428 mm
2.0—1.0 „	65 „	0.1 —0.05 „ . . .	1055 „
1.0—0.5 „	131 „	0.05—0.02 „ . . .	2000 ?
0.5—0.2 „	246 „	0.02—0.01 „ . . .	? „

Die Versuche zeigen, dass das Wasser bei gröberen Sanden viel schneller die maximale Steighöhe erreicht als bei den feineren.

Die Steighöhen in 24 Stunden sind von besonderem Interesse. Nach den oben beschriebenen Versuchen wachsen dieselben mit der Feinheit der Sandkörnungen bis zu der Körnung 0.05—0.02 mm, um dann wieder zu sinken. Ich habe diese Steighöhen ebenfalls für meine feinsten Sande bestimmt:

Körnung des Sandes	Steighöhe in 24 Stunden	Steigen des Wassers in den folgenden 24 Stunden
mm	mm	mm
5.0 —2.0	22	2
2.0 —1.0	54	6
1.0 —0.5	115	8
0.5 —0.2	214	16
0.2 —0.1	376	20
0.1 —0.05	530	44
0.05 —0.02	1153	207
0.02 —0.01	485	437
0.01 —0.005	285	?
0.005—0.002	143	?
0.002—0.001	55	schwierig abzulesen.

Die Steighöhe in 24 resp. 48 Stunden hat für die Pflanzen grosse Bedeutung. In trockenen Perioden ist es der Untergrund, welcher die Pflanzen mit Wasser versorgen soll. Die Verdunstung von der Bodenfläche und von den Pflanzen ist in den Tagesstunden am stärksten. Während der Nacht muss der Untergrund neue Wassermengen aus der Tiefe der Bodenoberfläche zuführen. Bei guter Dränierung ist darum derjenige Untergrund, der die grössten Wassermengen heben kann, der vorteilhafteste.

Die Sandkörnung 0.05—0.02 mm muss somit in gewöhnlichen Fällen und wenn das Grundwasser nicht gar zu tief liegt, den

besten Untergrund bilden. Der Sand 0.1—0.05 mm erfordert eine Grundwasserlage von nicht mehr als 5 dm unter der Ackerkrume und der Sand 0.2—0.1 mm erfordert eine Grundwasserlage höchstens 3.5 dm unter der Ackerkrume, um den Kulturpflanzen eine gute kapillare Wasserzufuhr zu sichern. Bei den Sanden unter 0.02 mm hat die Lage des Grundwassers kaum eine Bedeutung mehr.

Die Sandkörnung 0.002—0.001 mm hebt das Wasser schon in den ersten 24 Stunden nur 5—6 cm und muss darum einen weniger guten Untergrund bilden. Diese Sandkörnung ist somit in ihren Eigenschaften den steifen Tonen nahestehend. Bei den steifen Tonen können die Pflanzen in der Sommerhitze von Trockenheit leiden, auch wenn der Ton in geringer Tiefe einen guten Wasservorrat besitzt.

Die oben für die Kapillarität der verschiedenen Sandkörnungen angegebenen Ziffern treffen nur für glaziale Sande völlig ein. Sande mit besser gerundeten Körnern besitzen ein kleineres Porenvolumen und müssen darum höhere Kapillaritätsziffern zeigen. Ebenso gelten die Ziffern nur für die Temperatur von 17°, die mittlere Temperatur bei meinen Versuchen. Bei niedriger Temperatur scheint die Kapillarität höher, die Wasserbewegung aber langsamer zu sein.

8. Die Wasserverdunstung der Sande.

Über die Wasserverdunstung der Sande wurden einige Versuche angestellt.

1. Versuche mit kürzeren Sandsäulen.

Sechs zylindrische Gläser von 67 mm Höhe und 47.5 bis 48.0 mm Durchmesser wurden mit 60 g verschieden groben Sandes gefüllt. Die Sande wurden mit Wasser übergossen. Luftblasen wurden durch Rühren entfernt. Der Wasserüberschuss wurde abpipettiert und der letzte Rest durch Fliesspapier entfernt. Die Gläser wurden dann mit der Hand geklopft, so lange, als Wasser sich auf der Oberfläche sammelte und entfernt werden konnte. Die Höhen der fertigen Sandsäulen betragen dann 21—22 mm.

Die Gläser wurden dann auf einen Platz des Arbeitszimmers gestellt, wo der Luftzug alle Gläser wahrscheinlich in gleicher Weise berührte. Die Wasserverdunstung wurde durch

tägliche Wägung festgestellt. 1.8 g verdunstetes Wasser entspricht 1 mm Wasserhöhe.

Die Sandkörnung:	5—2 mm	2—1 mm	1—0.5 mm	0.5—0.2 mm	0.2—0.1 mm	0.1—0.05 mm
Anfänglicher Wassergehalt in g . . .	14.01	15.03	15.28	14.57	14.81	15.07
Wasserverlust in 20 Stunden	1.52	1.33	1.36	1.37	1.49	1.57
den 2. Tag	2.27	2.33	2.07	2.08	2.27	2.35
„ 3. „	1.33	1.36	1.33	1.37	1.35	1.39
„ 4. „	1.50	1.67	1.66	1.66	1.68	1.67
„ 5. „	1.28	1.42	1.48	1.46	1.49	1.46
„ 6. „	1.50	1.55	1.50	1.68	1.71	1.73
„ 7. „	1.24	1.39	1.42	1.41	1.40	1.39
„ 8. „	1.54	1.64	1.73	1.83	1.86	1.97
	12.18	12.69	12.55	12.86	13.25	13.53
den 9. Tag	1.23	1.50	1.50	1.08	0.85	0.80
„ 10. „	0.04	0.12	0.35	0.12	0.23	0.28
Rückständiger Wassergehalt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Die Wasserverdunstung wechselte somit von Tag zu Tag wohl wegen wechselnder Temperatur des Zimmers. Es verdunsteten aber sämtliche Sandkörnungen nahezu dieselbe Menge Wasser, wenigstens in den ersten sieben Tagen.

2. Versuche mit längeren Sandsäulen.

Bei den vorigen Versuchen war die mittlere Verdunstung pro Tag 0.9 mm Wasserhöhe. Nach Risler (Haberlandts Landwirtschaftlicher Pflanzenbau 1879, S. 186) können aber die Kulturpflanzen täglich von 0.7—7.0 mm verdunsten. Es war darum von Interesse, die Verdunstungsgeschwindigkeit festzustellen, wenn die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in den feinen Sanden so gross war, dass die Sande die Pflanzen täglich mit 7 mm Wasser versorgen konnten. Ich füllte darum anfangs 6 Glasröhren mit stark gepackten Sanden, und steckte, um die Wasserverdunstung zu erhöhen, in jeden Sand vier Löschpapierstreifen (die Pflanzen vorstellen sollen) ein. Es ergab sich, dass die pro Tag verdunsteten Wassermengen sich wie die folgenden Ziffern verhielten:

780	bei	dem	Sande	0.2 —0.1	mm.
449	"	"	"	0.1 —0.05	"
224	"	"	"	0.05 —0.02	"
27	"	"	"	0.02 —0.01	"
17	"	"	"	0.01 —0.005	"
13	"	"	"	0.005—0.002	"

Die Papierstreifen wurden dabei nur in dem gröbsten Sande völlig genässt. In den drei feinsten Sanden waren die Streifen ganz trocken. Die Kapillaren des Löschpapieres waren somit viel zu grob, um das Wasser aus den feineren Sanden aufsaugen zu können.

Die Versuche mussten darum eine andere Anordnung bekommen. Um die tägliche Verdunstung auf einem anderen Wege erhöhen zu können, bestellte ich Glasröhren, die oben Trichterform besassen. Der Durchmesser der Röhren war genau 1.6 cm und der oberere Durchmesser der Trichter 4.8 cm. Die Verdunstungsfläche wurde dadurch neunfach vergrössert. Die unten zusammengezogenen Enden der Röhren wurden mit Baumwolle gefüllt. Die Sande wurden in den Röhren fest zusammengepackt und die Trichter bis zum Rande gefüllt. Dann wurden die Röhren in mit Korkstopfen geschlossene und mit Wasser teilweise gefüllte Erlenmeyerkolben gestellt. Die Höhe der Sandsäulen oberhalb der Wasseroberfläche war 40 cm. Die Apparate wurden täglich gewogen und dadurch die tägliche Verdunstung festgestellt.

Da das Wasser die oberen Flächen der Sandkolonnen erreicht hatte, war die tägliche Wasserverdunstung in Grammen die folgende:

									Im Mittel:
0.2 —0.1 mm	4.62	5.12	7.05	6.66	7.30	7.28	6.13	6.64	6.35
0.1 —0.05 "	4.66	5.31	6.84	6.42	—	—	—	—	5.81
0.05 —0.02 "	5.25	5.25	7.11	6.44	7.13	7.25	5.91	6.46	6.35
0.02 —0.01 "	4.62	5.29	7.22	6.40	7.13	7.05	5.74	6.21	6.21
0.01 —0.005 "	4.34	4.88	7.19	6.13	7.18	6.74	5.90	6.39	6.09
0.005—0.002 "	4.07	5.03	7.13	6.31	6.58	6.70	5.55	6.03	5.92
0.002—0.001 "	—	—	—	—	6.90	7.13	5.46	6.00	6.37

Die Verdunstung war somit in allen Röhren etwa gleich stark, und es können alle diese Sande den Pflanzen hinreichend Wasser zuführen. Für den feinsten Sand von 0.002—0.001 mm hat der Versuch jedoch nicht genügende Beweiskraft, denn es zeigte sich, dass bei dem Feuchtwerden des

Sandes die Sandsäule sich zusammenzog und dadurch ein leerer Raum zwischen den Glaswänden und der Sandsäule entstanden war.

9. Das Verhalten der Sande zum Niederschlagswasser (beim Begiessen).

Bei Untersuchungen über die kapillaren Steighöhen des Wassers in den Sanden sind es drei Kräfte, die das Resultat bewirken: 1. Die Adhäsion und die daraus entstehenden Menisken, welche das Wasser heben. 2. Die Schwere, die dieser Hebung entgegenwirkt. 3. Die Reibung in den kapillaren Poren, die die Bewegung des Wassers verlangsamt.

Bei dem Begiessen der Sande von oben wirken dagegen im ersten Augenblicke die Schwerkraft und die Adhäsion in gleicher Richtung. Das Wasser dringt schnell im Sande ein und wird dabei nur durch die Reibung mehr oder weniger behindert. Dann aber kommen die oberen Menisken der Wassersäulen zur Wirkung und streben, das fernere Niedersinken des Wassers zu verhindern. Das Resultat wird verschieden nach der Körnung des Sandes und nach den angewandten Wassermengen.

Gröbere Sande können nur wenig Wasser binden. Bei stärkerer Wasserzufuhr drückt die Schwere das Wasser rasch durch den Sand. Etwas feinere Sande können mehr und feine Sande bedeutende Mengen Wasser zurückhalten.

Die gröberen Sande werden deshalb wasserdurchlässig, die feineren Sande dagegen wasserbehaltend genannt. Die gröberen Sandkörnungen bilden die schlechten und die feineren die guten Sandböden in landwirtschaftlichem Sinne. Die Frage, wo die Grenze zwischen den wasserdurchlässigen trocknen und den gut wasserhaltenden Sanden zu ziehen ist, hat darum grosse praktische Bedeutung. Hauptsächlich um diese Grenze zu bestimmen, habe ich die folgenden Versuche angestellt.

Graduierte und von mir genau kalibrierte Glasröhren, unten zu einem kurzen Rohr ausgezogen und daselbst mit Baumwolle verschlossen, wurden mit Sand gefüllt. Die gröberen Sande wurden stark zusammengeschüttelt. Die feineren Sande wurden bei der Füllung der Röhren stark zusammengepackt. Die Röhren wurden dann mit genau abgemessenen Wassermengen begossen, welche so berechnet waren, dass dieselben bestimmten Niederschlagshöhen entsprachen. Sämtliche Röhren

wurden dann mit Baumwolle geschlossen, um die Verdunstung des Wassers zu hindern. Die Tiefe, wohin das Wasser jedesmal drang, ist unten in Millimetern bezeichnet.

Da das Wasser gewöhnlich auf der einen Seite des Rohres etwas tiefer eindrang, als auf der anderen Seite, so mussten zwei Ablesungen, eine auf jeder Seite des Rohres, gemacht werden. Wenn die Ablesungen wenig differierten, wurde die Mittelzahl genommen. Sonst sind beide Ablesungen angegeben.

Sand von 5—2 mm. Kapillarität 25 mm.

Eine Wassermenge von 2.5 mm Wasserhöhe sank

gleich	5—30 mm nieder,
nach 10 Minuten . .	5—45 „ „
„ 60 „ . .	13—53 „ „
„ 24 Stunden . .	50—53 „ „ .

Wassergehalt des Sandes dann 4.8 Volumprozent.

Eine Wassermenge von 5.0 mm floss rasch durch den Sand, spiralförmig den Wänden des Glasrohres folgend, die Hauptmenge des Sandes trocken lassend. Sand von 5—2 mm wird darum durch das Niederschlagswasser nur mehr oder weniger befeuchtet, kann aber keinen nennenswerten Wasservorrat zwischen den Körnern zurückhalten.

Sand von 2—1 mm. Kapillarität 65 mm.

2.5 mm Wasser drangen hier nieder

gleich	2—10 mm,
nach 30 Minuten . .	3—20 „
„ 60 „ . .	6—24 „
„ 24 Stunden . .	24—27 „ .

Wassergehalt des Sandes dann 9.6 Volumprozent.

5.0 mm Wasser sanken nieder

gleich	0—40 mm,
nach 30 Minuten . .	20—40 „
„ 4 Stunden . .	23—43 „
„ 24 „ . .	48—50 „
„ 72 „ . .	50—51 „ .

Wassergehalt dann 9.9 Volumprozent.

10.0 mm Wasser sanken

gleich.	10—80 mm,
nach 5 Minuten .	12—102 „
„ $4^1/_2$ Stunden .	275—278 „

Wassergehalt des Sandes dann 3.3 Volumprozent.

50 mm Wasser drangen in 30 Sekunden bis zum unteren Ende einer Sandsäule von 400 mm, dabei den Sand nur unvollständig feuchtend.

Dieser Sand kann somit nur 5 mm Wasser oberhalb der Kapillaritätsgrenze (65 mm) behalten.

Sand von 1—0.5 mm. Kapillarität 131 mm.

5 mm Wasser sanken

gleich	8—15 mm,
nach 4 Stunden . . .	35—46 „
„ 3 Tagen . . .	57—58 „ .

Wassergehalt dann 8.7 Volumprozent.

10 mm Wasser sanken

gleich	17—29 mm,
nach 15 Minuten . .	35—37 „
„ 4 Stunden . .	87—95 „
„ 1 Tage . . .	144 „
„ 3 Tagen . . .	160 „ .

Wassergehalt dabei 6.2 Volumprozent.

20 mm Wasser sanken

nach 2 Stunden	170 mm,
„ 1 Tage tiefer als . .	450 „ .[1])

Wassergehalt dabei 4.4 %.

50 mm Wasser sanken in 75 Sekunden 400 mm[1]) tief, ohne den Sand vollständig zu feuchten.

Dieser Sand kann somit etwa 9 mm Wasser oberhalb der Kapillaritätsgrenze (131 mm) behalten.

Sand von 0.5—0.2 mm. Kapillarität 246 mm.

5 mm Wasser sanken

gleich	11 mm,
nach 5 Stunden.	26 „
„ 3 Tagen	40 „ .

Wassergehalt des Sandes dann 12.5 Volumprozent.

10 mm Wasser sanken

gleich	22—31 mm,
nach 40 Minuten . . .	29—35 „
„ 16 Stunden . . .	41 „
„ 2 Tagen . . .	43 „
„ 3 „ . . .	46 „
„ 6 „ . . .	47 „ .

Wassergehalt des Sandes dann 21.3 Volumprozent.

---

[1]) Die ganze Sandsäule.

20 mm Wasser sanken

gleich	54 mm,
nach 40 Minuten	60 „
„ 16 Stunden	67 „
„ 2 Tagen	75 „
„ 4 „	77 „
„ 7 „	80 „ .

Wassergehalt dann 24.4 Volumprozent.

30 mm Wasser sanken

gleich	80 mm,
nach 1 Tage	127 „
„ 2 Tagen	135 „
„ 3 „	145 „
„ 6 „	169 „ .

Wassergehalt dann 18.4 Volumprozent.

40 mm Wasser sanken

gleich	104 mm,
nach 1 Tage	500 „ .[1]

Wassergehalt dann 8 Volumprozent.

50 mm Wasser sanken

gleich	130 mm,
nach 45 Minuten	400 „ .[1]

Dieser Sand kann somit 30 mm Wasser oberhalb der Kapillaritätsgrenze behalten. Bei stärkerer Begiessung sinkt die Hauptmasse des Wassers in die Tiefe.

Sand von 0.2—0.1 mm. Kapillarität 428 mm.

10 mm Wasser sanken

gleich	24 mm,
nach 1 Stunde	24 „
„ 1 Tage	24 „ .

Wassergehalt 40 Volumprozent, d. h. der Sand war mit Wasser vollgesättigt.

20 mm	Wasser	sanken	gleich	51 mm,	später	nicht	tiefer.
30 „	„	„	„	77 „	„	„	„
40 „	„	„	„	102 „	„	„	„
50 „	„	„	„	124 „	„	„	„
60 „	„	„	„	149 „	„	„	„
70 „	„	„	„	175 „	„	„	„

Wassergehalt des Sandes in allen diesen Versuchen 40 Volumprozent.

---

[1]) Die ganze Sandsäule.

80 mm Wasser sanken allmählich 223 mm nieder, später nicht tiefer. Wassergehalt dabei 36 Volumprozent.

90 mm Wasser sanken

gleich	223 mm,
nach 1 Stunde	228 „
„ $4^1/_2$ Stunden . . .	230 „
„ 1 Tage	234 „
„ 2 Tagen	240 „
„ 5 „	250 „ .

Wassergehalt dann 36 Volumprozent.

100 mm Wasser sanken

gleich	263 mm,
nach 1 Stunde	276 „
„ $4^1/_2$ Stunden . . .	277 „
„ 1 Tage	283 „
„ 2 Tagen	290 „
„ 5 „	308 „ .

Wassergehalt dann 33.4 Volumprozent.

110 mm Wasser sanken

gleich . . . . 277 mm,
nach 1 Stunde . . . . 326 „
nach $4^1/_2$ Stunden zu dem Ende des Rohres 450 mm, in spiralförmiger Bahn, trockne Sandschichten lassend. Am nächsten Tage war das Wasser besser verteilt.

Der Wassergehalt war dann 24.4 Volumprozent.

120 mm Wasser sanken

gleich . . . . 332 mm, jedoch grosse Partien trocknen Sandes lassend,

nach $4^1/_2$ Stunden . . .	403 „
„ 1 Tage	403 „
„ 2 Tagen	436 „
„ 3 „	455 „ .

Wassergehalt dann 26.6 Volumprozent.

Dieser Sand zeigt mithin ein ganz anderes Verhalten als die gröberen Sande. Bei etwas schwächerer Bewässerung (bis 80 mm) füllt das Wasser die Luftporen des angefeuchteten Sandes vollständig (40 Volumenprozent) und das Wasser sinkt nicht tiefer (wenn der Sand trocken ist). Erst bei 90 mm Wasser fängt das Wasser an langsam tiefer zu sinken, und erst bei 120 mm Wasser sinkt das Wasser unter die Kapillaritätsgrenze. Der Sand kann 100 mm Wasser oberhalb der Kapillaritätsgrenze (1055 mm) aufbewahren.

Als das Wasser unter die Kapillaritätsgrenze sank, war die bleibende Wassermenge jedoch noch 24.4 Volumprozent. Bei der Sandkörnung 0.5—0.2 mm war dieselbe nur zu 8 Volumenprozent gefunden, und bei den gröberen Sanden hatte sich die bleibende Wassermenge nur 3.3—6.2 Volumprozent gezeigt. Der Sand 0.2—0.1 mm zeigt mithin viel grössere bleibende Wassermengen als die früheren.

Bei sehr starker Begiessung mit Wasser verhalten sich indessen alle die genannten Sande gleich, wie die hier unten beschriebenen Versuche zeigen. Dieselben waren angestellt, um ADOLPH MAYERS „kleinste oder absolute Wasserkapazität" zu finden.[1])

Sandsäulen wurden hier benutzt, die länger waren als die kapillaren Steighöhen der Sande. Die Röhren wurden in Wasser gestellt. Das Wasser wurde durch die Röhren aufgesaugt und wurden dann die Röhren (in Wasser stehend) 24 Stunden beiseite gestellt, um dem Wasser Zeit zum Niedersinken zu geben. Die Sandsäulen wurden dann geteilt, und wurden die Wassergehalte jeden Teiles festgestellt. Die gefundenen Gewichtsprozente wurden in Volumenprozente umgerechnet.

Sand von 5—2 mm. Kapillarität 25 mm. Höhe der Säule 270 mm.

Wassergehalt	der	oberen	Hälfte	der	Säule	. 3.2	Volumprozent.
„	„	unteren	„	„	„	. 5.7	„

Sand von 2—1 mm. Kapillarität 65 mm. Höhe der Säule 300 mm.

Wassergehalt	des	oberen	Drittels	der	Säule	2.8	Volumprozent.
„	„	mittleren	„	„	„	7.9	„
„	„	unteren	„	„	„	14.7	„

Sand von 1—0.5 mm. Kapillarität 131 mm. Höhe der Säule 400 mm.

Wassergehalt	des	oberen	Drittels	der	Säule	4.0	Volumprozent.
„	„	mittleren	„	„	„	15.2	„
„	„	unteren	„	„	„	23.7	„

Sand von 0.5—0.2 mm. Kapillarität 246 mm. Höhe der Säule 500 mm.

Wassergehalt	des	oberen	Drittels	der	Säule	4.8	Volumprozent.
„	„	mittleren	„	„	„	24.3	„
„	„	unteren	„	„	„	32.1	„

---

[1]) AD. MAYER, Lehrb. d. Agrikulturchemie, 5. Auflage; Die Bodenkunde, S. 152, 1901.

Sand von 0.2—0.1 mm. Kapillarität 428 mm. Höhe der Säule 2000 mm.

Wassergehalt der obersten	200 mm . . .	4.6 Volumprozent.
„ „ folgenden	200 „ . . .	5.1 „
„ „ „	200 „ . . .	5.1 „
„ „ „	200 „ . . .	5.4 „
„ „ „	200 „ . . .	6.0 „
„ „ „	200 „ . . .	10.4 „
„ „ „	200 „ . . .	11.6 „
„ „ „	200 „ . . .	30.5 „
„ „ „	200 „ . . .	30.2 „
„ „ „	200 „ . . .	? „

Die Ziffern zeigen, dass bei allen diesen Sandkörnungen der Wassergehalt bei sehr starkem Begiessen mit Wasser, anstatt hoch auszufallen, sehr tief, bis zu nur 3.2 oder 4.6 Volumenprozent sinken kann. Es ist die bedeutende Schwere der hohen Wassersäulen, die das Wasser veranlasst, in die Tiefe zu sinken. Bei den feineren Sandkörnungen habe ich keine derartigen Untersuchungen ausgeführt. Die erforderlichen sehr grossen Höhen der Sandsäulen erschweren hier die Untersuchung.

Über das Verhalten der feineren Sande beim Begiessen mit kleineren Mengen Wasser habe ich folgende Versuche unternommen:

Sand von 0.10—0.05 mm. Kapillarität 1055 mm.

10 mm Wasser sanken

gleich . . . . 27 mm (Wassergehalt 40 Volumprozent),
nach $1^1/_2$ Stunde. . . 34 „
„ 5 Stunden. . . 37 „
„ 24 „ . . . 39 „ (Wassergehalt 26 Volumprozent).

20 mm Wasser sanken

gleich . . . . 56 mm (Wassergehalt dann 36 Volumprozent),
nach 4 Stunden. . . 66 „
„ 3 Tagen . . . 83 „ 53 mm stark gefeuchtet, 30 mm schwach gefeuchtet. Mittlerer Wassergehalt 25 Volumprozent).

50 mm Wasser sanken

gleich . . . . 132 mm (Wassergehalt dann 38 Volumprozent),
nach 24 Stunden. . . 174 „
„ 2 Tagen . . . 180 „
„ 3 „ . . . 185 „ (Wassergehalt dann 27 Volumprozent).

Sand von 0.05—0.02 mm. Kapillarität etwa 2 m.

10 mm Wasser sanken

gleich . . . . 28 mm (Wassergehalt dann 36 Volumprozent),
nach 2 Stunden. . . 38 „
„ $5^1/_2$ „ . . . 40 „
„ 24 „ . . . 42 „ (Wassergehalt dann 24 Volumprozent).

30 mm Wasser sanken

gleich . . . . 79 mm (Wassergehalt dann 38 Volumprozent),
nach 3 Stunden. . . 98 „
„ 3 Tagen . . . 120 „ (dabei 80 mm stark gefeuchtet, 40 mm schwach gefeuchtet. Wassergehalt 25 Volumprozent).

50 mm Wasser sanken

gleich (in $6^3/_4$ Minuten) 123 mm (Wassergehalt = 40 Volumprozent),
nach 24 Stunden . . 192 „
„ 2 Tagen . . . 205 „
„ 3 „ . . . 217 „
„ 4 „ . . . 224 „ (Wassergehalt = 22 Volumprozent).

Sand von 0.02—0.01 mm. Kapillarität wohl über 3 m.

50 mm Wasser sanken

gleich (in $10^1/_4$ Minuten) 120 mm (Wassergehalt = 42 Volumprozent),
nach 24 Stunden . . 172 „
„ 2 Tagen . . . 180 „
„ 3 „ . . . 182 „
„ 4 „ . . . 185 „ (Wassergehalt = 27 Volumprozent).

Bei diesen drei Sandkörnungen füllt das Wasser anfangs die Luftporen der Sandoberfläche vollständig oder fast vollständig (36—42 Volumenprozent), ganz wie bei dem Sande 0.2—0.1 mm. Dann saugt aber die kapillare Adhäsion das Wasser allmählich tiefer, jedoch die Hauptmenge des Wassers fortwährend in der Oberfläche des Sandes lassend.

Zusammenstellung der Resultate.

Sand von 5—2 mm kann kein Niederschlagswasser in den Luftporen der Sandoberfläche aufbewahren. Der Sand wird nur befeuchtet. Die Zwischenräume der Sandkörner werden nimmer mit Wasser gefüllt, sondern es sinkt das Wasser gleich in die Tiefe.

Bei den Sanden 2—1 mm, 1—0.5 mm und 0.5 – 0.2 mm werden dagegen bei schwachem Begiessen die Luftporen der Oberfläche anfangs mit Wasser gefüllt. Das Wasser sinkt aber gleich tiefer. Es kann indessen bei dem Sande 2—1 mm etwa 5 mm Wasser, bei dem Sande 1—0.5 mm etwa 9 mm Wasser und bei dem Sande 0.5—0.2 mm mehr als 30 mm Wasser oberhalb der Kapillaritätsgrenze bleiben. Bei stärkerem Begiessen sinkt aber die Hauptmenge des Wassers so tief, dass dieselbe nicht länger durch die Kapillaritätskraft wieder nach der Sandoberfläche befördert werden kann.

Die feineren Sande behalten dagegen sogar bei sehr starkem Begiessen sämtliches Wasser in der Oberfläche. Die kapillaren Räume der Sandoberfläche werden mit Wasser ganz gefüllt und das Wasser zieht sich nicht oder nur allmählich tiefer. Die Hauptmenge des Wassers bleibt aber lange Zeit an der Oberfläche des Sandes.

Bei dem Sande 0.2—0.1 mm kann indessen bei sehr starkem Begiessen die Hauptmenge des Wassers unter die Kapillaritätsgrenze (428 mm) sinken, wobei der Sand oberhalb der Kapillaritätsgrenze nur etwa 5 Volumenprozent Wasser zurückhält. Da dieser Sand jedoch oberhalb der Kapillaritätsgrenze 100 mm Wasser aufbewahren kann, und 100 mm Wasser mehr ist als der mittlere monatliche Niederschlag in jedem Teile Schwedens, so müssen die Sandkörnungen 0.2—0.1 mm wie die noch feineren Sande zu den wasserbehaltenden Sanden gerechnet werden.

Die Sandkörnungen 2—1 mm und 1—0.5 mm sind stark durchlässige Sande. Ob dagegen die Sandkörnung 0.5—0.2 mm die 30 mm Wasser oberhalb der Kapillaritätsgrenze behalten kann, als ein wasserdurchlässiger oder wasserbehaltender Sand anzusehen ist, bedarf einer besonderen Untersuchung.

Nach Risler[1]) verdunsten die Getreidesorten und die Luzerne und die „Rasen" täglich zwischen 2.3 und 7.3 mm Wasser. Nach von Seelhorst[2]) verbraucht der Hafer in der Periode stärkeren Schiessens 3.6—5.9 mm Wasser, der Roggen 3.5—5.0 mm, die Gerste und Kartoffeln 2.4—5.4 mm Wasser täglich. Ein Wasservorrat von 30 mm Wasser kann mithin für die gewöhnlicheren Kulturpflanzen nur während 6—12 Tagen eine gute Wasserzufuhr sichern. Da der Sand 0.5—0.2 mm nur in den günstigsten Fällen einen solchen Wasservorrat besitzt, so muss dieser Sand für die Kulturpflanzen sich wie ein trockner Boden verhalten.

Die Grenze zwischen den schlecht wasserhaltenden, trocknen und den gut wasserhaltenden Sanden wäre somit bei 0.2 mm Körnerdurchmesser zu suchen. Ich habe mir indessen aus mehreren Gründen die Frage gestellt, ob diese Grenze sich auf

---

[1]) Haberlandt, Der landw. Pflanzenbau 1879, S. 186.

[2]) C. von Seelhorst, Journal f. Landwirtschaft 1904, S. 380 und 1906, S. 330.

0.3 mm verschieben lässt. Um diese Frage zu beantworten, wurden die folgenden Versuche angestellt.

Mit Hilfe der Schlämmapparate KOPECKYS wurde die Sandkörnung 0.5—0.2 mm in zwei Teilen, den einen von 0.5—0.3 mm, den anderen von 0.3—0.2 mm geteilt. Da das Umschlämmen mit Hilfe von Wasserleitungswasser bewerkstelligt wurde, so mussten die Schlämmprodukte einigen besonderen Reinigungsprozessen durch Auskochen mit Salzsäure, zur Entfernung absorbierter Stoffe, unterworfen werden. Die Sandfraktion 0.3—0.2 mm wurde darauf auf ihr Verhalten zum Niederschlagswasser untersucht. Die Kapillarität derselben war 340 mm.

10 mm Wasser sanken darin
gleich . . . . . 24 mm
nach 3 Stunden . 26 „
„ 23 „ . 28 „ (Wassergehalt = 36 Volumenprozent).

20 mm Wasser sanken
gleich . . . . . 48 mm
nach 3 Stunden . 51 „
„ 23 „ . 57 „ (Wassergehalt = 35 Volumenprozent).

30 mm Wasser sanken
gleich . . . . . 75 mm
nach 3 Stunden . 82 „
„ 23 „ . 89 „ (Wassergehalt = 35 Volumenprozent).

40 mm Wasser sanken
gleich . . . . . 112 mm
nach 3 Stunden . 147 „
„ 20 „ . 197 „ (Wassergehalt = 20 Volumenprozent).

50 mm Wasser sanken
gleich . . . . . 133 mm
nach 3 Stunden . 184 „
„ 20 „ zu dem Ende der Sandsäule, 350 mm, Wassergehalt dabei 14 Volumenprozent.

Kleinere Mengen Wasser bleiben somit fast still im Sande. Es sanken aber schon 50 mm Wasser bis zur Kapillargrenze nieder.

Da dieses Verhalten meiner Erwartung nicht ganz entsprach, so wurde der Sand mikroskopisch untersucht, und wurde die Körnung etwas gröber als erwartet, hauptsächlich zu 0.30—0.25 mm gefunden. Es wurde darum eine neue Probe Sand des gewünschten Körnungsgrades bereitet und darauf

durch mikroskopische Messung festgestellt, dass dieselbe wirklich den Körnungsgrad 0.30—0.20 mm besass.

Dieser Sand zeigte folgendes Verhalten:

10 mm Wasser sanken
gleich . . . . 27 mm
nach 3 Tagen . 29 „
„ 5 „ . 30 „ (Wassergehalt = 33 Volumprozent).

20 mm Wasser sanken
gleich . . . . 53 mm
nach 3 Tagen . 57 „
„ 5 „ . 59 „ (Wassergehalt = 34 Volumprozent).

30 mm Wasser sanken
gleich . . . . ? mm
nach 2 Tagen . 79 „
„ 3 „ . 87 „
„ 5 „ . 92 „ (Wassergehalt = 32 Volumprozent).

Die Eigenschaften dieser Sandprobe waren mithin ziemlich dieselben wie die der vorigen Probe. Die Wassergehalte bei schwächerer Bewässerung stiegen bei beiden nur zu 32—36 %. Die Sande werden darum beim Begiessen nicht mit Wasser gesättigt, wie die feineren Sande.

Ich habe noch eine Untersuchungsreihe angestellt, um konstatieren zu können, dass Sande gröber als 0.2 mm wirklich als trockne Böden anzusehen sind. Ich sammelte für diesen Zweck eine Anzahl Proben von trocknen Sanden und untersuchte dieselben auf deren Körnungsgrade durch mikroskopische Messung. Die Zifferresultate waren die folgenden:

Durchmesser der Körner bei folgenden Sanden:	mm	Im Mittel mm
Dünenrücken bei Ispeudd, Öland	0.8 —0.4	0.6
Dünenbildung bei Grankullawiken, Öland	0.9 —0.3	0.6
Sandfeld bei Byrum, Böda, Öland	0.5 —0.3	0.4
Dünenrücken bei Angegärds udde, Öland	0.5 —0.2	0.35
Flugsand von Rå, Helsingborg	0.5 —0.2	0.35
Heidebewachsener Sand, Stora Rör, Öland	0.45—0.18	0.32
Trockner Ufersand, Stora Rör	0.38—0.20	0.29
Flugsand bei Hillet, Skara	0.50—0.05	0.28
Flugsand von Sandhammaren, Skåne	0.37—0.18	0.28
Trockner Kieferboden bei Rälla, Öland	0.40—0.10	0.25
Heidebewachsener Sand bei Rälla	0.30—0.10	0.20

Diese Ziffern zeigen, dass Sande von 0.30—0.20 mm Körnerdurchmesser als trockne Sande anzusehen sind. Derartige Sande werden indessen, nach Düngung mit Stalldünger, vielfach auf Öland als Ackerböden benutzt. Diese Böden können aber nur Roggen und Kartoffeln, nicht andere Saaten, tragen, und die Saaten geben wegen mangelnder Wasserzufuhr oft nur niedrige Erträge.

Feinere Sande geben bessere Kulturböden. Die Grenze zwischen den schlechten, trocknen und den besseren Sanden kann darum passend bei 0.2 mm Körnerdurchmesser gezogen werden.

In wärmeren Gegenden der Erde ist diese Grenze vielleicht niedriger zu ziehen. Bei Sanden, deren Körner nicht polyedrisch, sondern kugelförmig sind, und welche deshalb ein kleineres Porenvolumen besitzen, dürfte die Grenze dagegen etwas höher zu stellen sein.

Bei den beschriebenen Begiessungsversuchen fand ich, dass, wenn der Sand in warmem Zustande — gleich nach dem Trocknen desselben in der Wärme — in die Röhren eingefüllt wurde, die Bewegung des Wassers viel schneller war als die oben angegebene. Ich wurde dadurch veranlasst, die Bewegung des Wassers bei niedriger Temperatur näher zu untersuchen. Es wurden dabei einige Versuche mit der Sandkörnung 0.5 bis 0.3 mm angestellt, teils bei einer Temperatur des Sandes und Wassers von 8° C., teils bei der Temperatur von 17° C. Es zeigte sich, dass die Bewegung des Wassers bei 8° etwa dreimal langsamer war als bei 17°. Das Resultat muss als ein nur vorläufiges bezeichnet werden. Die Temperaturfrage verdient also weiter verfolgt zu werden.

Ich muss darum hier bemerken, dass die von mir gewonnenen Zifferresultate über die Bewegung des Wassers in den verschiedenen Sandkörnungen nur für die benutzte Versuchstemperatur — etwa 17° — die Temperatur des hiesigen Sommers, gültig sind. Bei niedrigeren Temperaturen dürfen die Sande sich besser, bei höheren Temperaturen schlechter wasserhaltend zeigen.

10. Wie schnell sinkt das Wasser in den feineren Sanden nieder?

Um dieses zu untersuchen, wurden sechs kalibrierte Glasröhren von 400 mm Länge mit sechs verschiedenen Sanden gefüllt. Die unten ausgezogenen Spitzen der Röhren waren mit Baumwolle geschlossen. Die zwei, etwas gröberen Sandkörnungen wurden durch fleissiges Anklopfen der Röhren zusammengepackt. Die übrigen Sande wurden in kleinen Portionen eingefüllt und jedesmal mit Hilfe eines Glasstabes mit erweiterter Spitze fest zusammengedrückt.

Wassermengen, nach der Kalibrierung der Röhren berechnet, und 50 mm Wasserhöhe entsprechend, wurden in alle Röhren eingefüllt. Die für das Niedersinken des Wassers erforderliche Zeit wurde abgelesen.

Dann wurden in allen Röhren weitere 50 mm Wasser zugesetzt, und die Zeit des Niedersinkens wieder abgelesen.

In den vier gröberen Sanden wurden noch weitere 50 mm Wasser zugesetzt und die Zeit abgelesen.

Folgende Zeiten wurden für das Niedersinken des Wassers erforderlich.

Bei der Sandkörnung:	Bei 50 mm Wasser	Bei noch 50 mm Wasser	Bei nochmals 50 mm Wasser
0.2 —0.1 mm	1′ 35″	3′ 10″	4′ 50″
0.1 —0.05 „	4′ 5″	9′ 25″	19′ —
0.05 —0.02 „	8′ —	16′ 30″	35′ —
0.02 —0.01 „	16′ 30″	36′ 30″	74′ —
0.01 —0.005 „	28′ —	88′ —	—
0.005—0.002 „	58′ —	160′ —	—

Die Zeit des Niedersinkens ist also bei den verschiedenen Sandkörnungen sehr verschieden. Für jeden neuen Feinheitsgrad der Sande wird die Zeit etwa verdoppelt. Die doppelte Menge Wasser erfordert ebenfalls etwa die doppelte Zeit, wenigstens bei den vier etwas gröberen Sandkörnungen.

Da die Zeit des Niedersinkens so stark verschieden und dazu leicht zu bestimmen ist, so hat man in derartigen Bestimmungen eine bequeme Methode, die mittlere Grösse der Luftporen bei gemischten Sanden mit der Grösse der Luftporen

meiner Sandkörnungen zu vergleichen. Diese Methode, die Grösse der Luftporen zu bestimmen, kann vielleicht praktische Bedeutung erlangen, und gedenke ich dieselbe daher weiter zu bearbeiten.

Die Zeit des Niedersinkens des Wassers wechselt natürlich stark mit der Temperatur. Die obigen Bestimmungen sind bei einer Temperatur von etwa 17° gemacht worden.

11. Das Verhalten der Sande zu den Wurzelhaaren der Pflanzen.

Man findet in botanischen Arbeiten die Angabe, dass die Wurzelhaare der Pflanzen einen Durchmesser von etwa 0.01 mm besitzen. Es ist ganz klar, dass Wurzelhaare dieses Feinheitsgrades in die kleinen Zwischenräume zwischen Sandkörnern von 0.01 mm Durchmesser gar nicht, und zwischen Sandkörnern von 0.02 mm Durchmesser nur schwierig eindringen können. Ein Boden, wo die Wurzelhaare zwischen die Bodenkörner nicht eindringen können, muss in der Natur wie in der Kultur eine ganz andere Rolle für die Pflanzen spielen, wie Böden, wo die Haare den Boden leicht durchdringen. Böden letzterer Art müssen sich wie „leichte Böden" verhalten. Böden erster Art müssen viel gründlicher bearbeitet, gelockert werden, um den Wurzelhaaren, welche die Nahrung aufsaugen, freie Ausbildung zu gestatten. Die Frage über das Verhältnis zwischen den Dimensionen der Wurzelhaare und Körnerdurchmessern der Sande ist daher einer näheren Untersuchung wert.

Messung des Durchschnittes der Wurzelhaare.

Um unbeschädigte Wurzelhaare zu bekommen, wählte ich den Weg Keimpflanzen mit neugebildeten Haaren zu untersuchen. Ich legte Samenproben einer Reihe Kulturpflanzen zum Keimen aus. Da die Wurzelkeime Wurzelhaare gebildet hatten, bestimmte ich durch mikroskopische Messung den Durchmesser der Haare. Es wurde gefunden:

Durchmesser der Wurzelhaare.

0.006—0.008 mm, bei Feldtrespe und Futterrübe.
0.006—0.010 „ „ Weizen, Roggen, Gerste, engl. Raigras, Wiesenrispengras.
0.007—0.010 „ „ Rübe, Möhre, Hartschwingel, Knaulgras.
0.007—0.011 „ „ Timothy und Spergel.
0.007—0.012 „ „ Kohlrübe.

0.008—0.012 mm, bei ital. Raigras, Hafer, Hopfenklee.
0.008—0.014 „ „ Inkarnatklee.
0.010—0.014 „ „ Luzerne.
0.010—0.016 „ „ Wundklee.
0.010—0.017 „ „ Erbse.
0.010—0.019 „ „ Saatwicke.

Weizen, Roggen und Gerste haben demnach einen mittleren Durchmesser der Wurzelhaare von 0.008 mm. Die Futtergräser zeigen 0.0085 mm, der Hafer 0.010 mm, die Schmetterlingsblütler 0.012 mm.

In wie feine Sande können derartige Wurzelhaare eindringen?

Diese Frage lässt sich teils durch teoretische Berechnung, teils durch das Experiment beantworten. Nach einer Berechnung von LANG[1]), leicht zu kontrollieren, ist das Luftvolumen — „Porenvolumen" — zwischen den als kugelförmig angenommenen Sandkörnern bei möglichst dichter Lagerung = 26 % des Sandvolumens. Bei möglichst lockerer Lagerung ist das Porenvolumen dagegen 47.6 Volumenprozent. Nach meinen eigenen Versuchen war das Porenvolumen von französischem Tertiärsand, welcher sehr gut gerundete Körner zeigte, bei möglichst gutem Zusammenschütteln des Sandes in Wasser = 36 Volumprozent, d. i. etwa die Mittelzahl zwischen den von LANG berechneten Grenzvolumina. Man hat somit mit einer mitteldichten Lagerung der Sandkörner zu rechnen.

Bei lockerer Lagerung haben die Sandkörner die Lage wie in Fig. 1. Die Öffnung B repräsentiert die Löcher, die die Wurzelhaare passieren müssen. Gesetzt, dass ein Wurzelhaar von dem Querschnitte dieser Öffnung gerade die Öffnung durchdringen kann. Welches ist dann das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Sandkörner und dem der Wurzelhaare bei rundem Querschnitte?

Wenn **R** der Radius der Sandkörner und **r** der Radius der Wurzelhaare, so ist die Öffnung zwischen den Körnern $= R^2(4 - \pi)$. Dieselbe ist aber ebenfalls $= \pi r^2$. Aus der Formel $R^2(4 - \pi) = \pi r^2$ wird das Verhältnis $\frac{R}{r} = 1.91$ berechnet.

[1]) SOYKA, Forsch. d. Agr. Phys. 8, 1895.

Bei dichtester Lagerung haben die Sandkörner die gegenseitige Stellung wie in der Fig. 2. Die Gleichung $R^2\left(\sqrt{3}-\frac{\pi}{2}\right)=\pi r^2$ gibt hier das Verhältnis $\frac{R}{r}=4.42$. — Die Mittelzahl zwischen 1.91 und 4.42 ist 2.91.

Dem mittleren Durchmesser der Wurzelhaare der Gräser würden dann Sandkörner von dem Durchmesser 0.024 mm entsprechen. Dem mittleren Durchmesser der Wurzelhaare der Schmetterlingsblütler würden Sandkörner von 0.035 mm Durchmesser entsprechen. Diese Berechnung gilt für kugelförmige Sandkörner. Meine glazialen Sande zeigten aber nicht kugelförmige, sondern polyedrische Körner und besassen nicht das Porenvolumen 36 %, sondern 40—41 %. Die Ziffern 0.023 und 0.035 müssen darum zu 0.021 und 0.031 korrigiert werden.

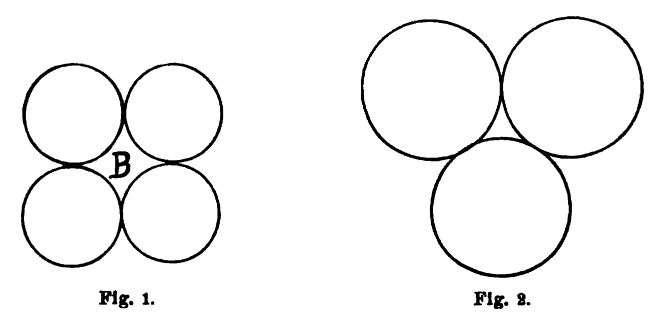


Fig. 1. Fig. 2.

Dieses war das Resultat der Berechnung. Mein Weg, die Frage durch das Experiment zu lösen, war der folgende. Die Sandkörnungen von 0.2—0.02 mm wurden in sechs Gläser gefüllt, mit Wasser übergossen und der Wasserüberschuss weggenommen. Durch fleissiges Klopfen, bis sich kein Wasser mehr an der Oberfläche ansammelte, wurden die Sande zusammengeschüttelt.

Auf der wasserfreien Oberfläche der Sande wurden Timothysamen gelegt. Die Gläser wurden mit Fliesspapier bedeckt. Als die Samen gekeimt und die Keime Wurzelhaare gebildet hatten, zeigte sich beim Emporheben der Pflanzen, dass bei allen Sanden, gröber als 0.02 mm, Sand massenhaft den Wurzeln anhaftete. Bei den Sanden feiner als 0.02 mm haftete gar kein Sand den Wurzelkeimen an. Die Wurzelhaare hatten also nur in die Sande, die gröber als 0.02 mm waren, eindringen können.

Der Versuch wurde mit Kleesamen wiederholt. Bei Emporheben der Pflanzen zeigte sich, dass in den Gläsern mit Sand von 0.2—0.1 und 0.1—0.05 mm Sand in grosser Menge den Wurzeln anhaftete. Bei dem Sande 0.05—0.02 mm haftete der Sand nur einzelnen Keimwurzeln an. Bei dem Sande unter 0.02 mm haftete kein Sand an Keimwurzeln.

Die Berechnung und das Experiment hatte somit dasselbe Resultat geliefert. Die Grenze für das Eindringungsvermögen der Wurzelhaare in den Zwischenräumen der Sandkörner liegt für die Gräser bei etwa 0.02 mm Durchmesser der Sandkörner, für die Schmetterlingsblütler ein wenig höher.

12. Die Koagulierbarkeit der feineren Sande.

Durch SCHULZE[1]) ist es zuerst gezeigt worden, dass Kalkwasser Ton-Aufschlämmungen koaguliert, d. i. dass unter dem Einfluss des Kalkwassers die leichten Tonteilchen zu schwereren Aggregaten zusammenhaften, welche zu Boden sinken. Er fand die so gebildeten Tonabsätze bedeutend lockerer als die in reinem Wasser gebildeten. Von SCHLÖSING[2]) wurde dann gefunden, dass auch Salzlösungen und Säuren den Ton koagulieren. Besonders stark koagulierend wirkten Kalksalzlösungen. Schon 0.2 g Kalk als lösliches Kalksalz war genügend, um ein Liter Tonwasser zu koagulieren. Verdünntere Alkaliauflösungen wirkten dagegen in entgegengesetzter Richtung. Konzentrierte Alkaliauflösungen koagulierten. Weitere Untersuchungen über das Koagulieren der Tone sind von AD. MAYER, HILGARD[3]) und von SACHSZE und BECKER[4]) ausgeführt worden. SACHSZE und BECKER fanden in der Salzsäure das beste Koaguliermittel. Gipslösung, Salmiak und Ammonsulfat koagulierten ebenfalls rasch. Kochsalz, Salmiak und Chlorkalium wirkten ebenfalls gut koagulierend. Nitrate sind schwacher wirkend. Monokaliumphosphat koaguliert nur langsam. Ton kann ebenfalls durch Kohlensäure koaguliert werden. Ferner zeigte BODLÄNDER,[5]) dass die Elektrolyte Koalinsuspensionen koagulieren, dass dagegen Nichtelektrolyte unwirksam sind. Die Reihenfolge der Klär-

[1]) SCHULZE, Pogg. Ann. Bd. 129, S. 366, 1866.
[2]) SCHLÖSING, Ann. d. Chim. et de phys. (5) Bd. 2, S. 514, 1874.
[3]) Forchungen d. Agrik.-Physik Bd. 2, S. 251 u. 441, 1879.
[4]) SACHSZE und BECKER, landw. Versuchs-Stationen 43, S. 15, 1894.
[5]) BODLÄNDER, Neues Jahrb. f. Mineralogie 1893, II, 147.

fähigkeit ist annähernd die der Leitfähigkeit der Elektrolyte. Die Säuren, die Alaune und die Salze, die sich in Wasserlösung hydrolysieren (z. B. Kupfer- und Zinksalze), koagulieren am besten.

Diese Eigenschaft, einer Reihe von Salzen und Säuren den Ton zu koagulieren, muss in der Natur eine wichtige Rolle spielen. Die Quellwässer sind allgemein etwas salzhaltig und darum gewöhnlich klar, auch wenn dieselben aus tonigen Böden stammen. Die Wässer der Gräben und Flüsse sind dagegen weit salzärmer und stets von Tonpartikeln getrübt. Da das trübe Flusswasser sich bei den Flussmündungen mit dem salzigen Meereswasser mischt, muss das Meereswasser den Ton koagulieren. Der koagulierte Ton kann dann nicht länger vom Wasser getragen werden, sondern muss sich bald zum Boden setzen. Dadurch wird es erklärt, wie die Tiefmeeruntersuchungen es gezeigt haben, dass von den Flüssen herrührende Tonlager nur bei den Küsten der Kontinente, nicht aber in weiten Entfernungen von den Küsten, zu finden sind.

Die Ostsee war in früheren Zeiten ein Binnenmeer, süsses Wasser führend. In diesem Meere mündeten zahlreiche schlammführende Flüsse. Da das Meer süss war, musste der Flussschlamm sich in diesem Meere anders verhalten, als der Schlamm, welcher den Weltmeeren zugeführt wird. Da der Tonschlamm der Flüsse von dem Salzwasser koaguliert wird, muss derselbe ebenfalls den feinen Sandschlamm der Flüsse mit sich reissen. In einem Süsswassermeere bleibt dagegen der Tonschlamm längere Zeit schwebend. Der Sandschlamm und der Tonschlamm finden dann Zeit sich getrennt abzulagern.

Dadurch wird es erläutert, warum die Tonablagerungen der damaligen Ostsee — des Ancylusmeeres — die steifsten Tone Schwedens bilden.[1]) Ablagerungen feinen Sandschlammes von grosser Ausdehnung finden sich dagegen bei den Flüssen Nord-Schwedens in den vorzeitigen Flussmündungen abgelagert. Die Lössbildungen Deutschlands sind wohl ebenfalls derartige tonarme Süsswasserstaubsandbildungen.

Da die Grenze zwischen Ton und Sand mir unklar scheint, da die feinen mikroskopischen Sande von zahlreichen Verfassern den Tonen zugerechnet werden, und da die feinsten Sand-

---

[1]) Westerberg, Undersökningar af några svenska joerdarters sammansättning S. 13, 1893.

körnungen in mehrfacher Hinsicht die Eigenschaften der Tone anzunehmen scheinen, so stellte sich mir die Frage, ob die feineren Sande ebenfalls koagulierbar waren oder nicht. Zwar ist die Frage schon teilweise beantwortet worden; denn amerikanische Forscher haben gezeigt, dass Kalkwasser mikroskopisch feine Sande koagulieren kann.[1] Die Frage verdient aber ausführlicher behandelt zu werden, und ich habe darum die folgenden Versuche angestellt.

Sand von 0.10—0.05 mm.

Gleiche Mengen dieser Sandkörnung wurden in drei genau kalibrierten Glasröhren eingeführt. Die Röhren wurden dann teils mit destilliertem Wasser, teils mit fünfprozentiger Kochsalzlösung, teils mit gesättigtem Kalkwasser zu gleicher Höhe angefüllt. Es wurden dann die Röhren gut umgeschüttelt. Der Ruhe überlassen, klärten sich alle drei Flüssigkeiten fast gleich schnell, das Kalkwasser kaum merkbar schneller, das destillierte Wasser kaum merkbar langsamer. Alle Absätze wurden beim Neigen der Röhren flüssig gefunden. Nach 24 Stunden war der Absatz des Kalkwasserrohres fest geworden.

Sand von 0.05—0.02 mm.

Diese Sandkörnung verhielt sich bei gleicher Untersuchungsart, wie folgt. In fünfprozentiger Kochsalzlösung und in fünfprozentiger Salzsäure setzte sich dieser Sand etwas schneller ab, als in reinem Wasser. Die Klärung der Flüssigkeit erfolgte in etwa ein Fünftel kürzerer Zeit. Die Kalkwasser-Aufschlämmung des Sandes klärte sich in etwa der Hälfte der Zeit wie reines Wasser. — Hier fangen also Kochsalz und Salzsäure an, den Sand schwach zu koagulieren. Da der Sand sich aus Wasser oder Kochsalzlösung absetzte, war derselbe flüssig und nahm erst nach 24 Stunden feste Form an.

Sand von 0.02—0.01 mm.

Dieser Sand setzt sich in fünfprozentigen Kochsalz- oder Salzsäurelösungen in nur 55—60 % der Zeit zu Boden wie in reinem Wasser ab. Kalkwasser klärt sich in etwa einem Sechstel dieser Zeit. Einprozentige Kochsalz- und Salzsäurelösungen verhalten sich wie die fünfprozentigen. Das Wasserleitungs-

[1] U. S. Dep. of Agric., Division of Soils, Bulletin No. 5, Texture of some important soil formations S. 8, Plate 1, 1896.

wasser der Stadt Kalmar, welches 0.25 g Gips im Liter enthält, verhält sich ebenso.

Die Volumina dieser Absätze waren nicht gleich. Um die Volumina zu messen, wurde jedesmal 15 g Sand mit den verschiedenen Lösungen geschüttelt, und das Sandvolumen wurde nach 4 Stunden mit Hilfe der Röhreneinteilung abgelesen. Die Volumina waren:

In destilliertem Wasser	10.0 ccm.
„ Wasserleitungswasser	11.9 „
„ 1 %iger Sodalösung	12.0 „
„ 5 „ Kochsalzlösung	12.3 „
„ 5 „ Salzsäure	12.5 „
„ gesättigtem Kalkwasser	14.2 „

Die Glasröhren wurden dann mit Wasser gefüllt und mit Gummistopfen geschlossen. Sie wurden danach mit den Stopfen nach unten in geneigter Lage aufgestellt. Der Sand floss dabei mehr oder weniger rasch nach dem anderen Ende des Rohres. In dem Rohre mit destilliertem Wasser war der Sand anfangs unbeweglich, riss sich aber später in kleinen Portionen los und machte denselben Weg. Der im Kalkwasser gebildete Sandabsatz blieb in unveränderter Lage.

Sand von 0.010—0.005 mm.

Es war hier schwierig, die für das vollständige Absetzen des Sandes erforderliche Zeit richtig abzulesen. Die Hauptmenge des Sandes setzte sich zwar schnell ab, ein kleiner Teil blieb aber längere Zeit aufgeschlämmt, was ein richtiges Ablesen verhinderte. Gleichwohl klärte sich das Kalkwasser hier 7 mal schneller als die Kochsalz- und Salzsäure-Lösungen. Das destillierte Wasser klärte sich viel langsamer.

Nachdem die Flüssigkeiten klar geworden, zeigten die Sandabsätze die folgenden Volumina:

Bei destilliertem Wasser	9.7 ccm.
„ 1 %iger Kalilauge	12.0 „
„ 1 „ „ etwas später .	9.9 „
„ 1 „ Kochsalzlösung	14.2 „
„ 5 „ „	14.3 „
„ gesättigtem Kalkwasser	23.6 „

Der im destillierten Wasser gebildete Sandabsatz war fest, nicht flüssig. Der Absatz in der Kalilauge war erst flüssig, später fest. Die Absätze in den Kochsalzlösungen waren flüssig. Der Kalkwasserabsatz war fest.

Die Versuche wurden wiederholt. Die Ablesung wurde jetzt erst nach 24 Stunden vorgenommen. Die abgelesenen Volumina waren:

In destilliertem Wasser	9.9 ccm.
„ ½ %iger Kalilösung	11.1 „
„ ½ „ Sodalösung	12.2 „
„ ½ „ Kochsalzlösung	14.0 „
„ halbgesättigter Gipslösung	14.0 „
„ halbgesättigtem Kalkwasser	15.8 „
„ gesättigtem Kalkwasser	22.4 „

Die Absätze in destilliertem Wasser, in Kalilauge und Sodalösung waren fest. Der in destilliertem Wasser gebildete liess sich nur schwierig durch Schütteln in der Flüssigkeit verteilen. Die Absätze aus Kochsalzlösung, Gipslösung und halbgesättigtem Kalkwasser waren flüssig. Der Absatz aus gesättigtem Kalkwasser war fest.

Sand von 0.005—0.002 mm.

Die verschiedene Zeit des Sandabsatzes liess sich ebenfalls hier nicht ablesen, 10 g Sand mit verschiedenen Lösungen geschüttelt, zeigten folgende Volumina:

	Nach 16 Stunden ccm	Nach 30 Tagen ccm
In destilliertem Wasser	6.5	6.5
„ 1 %iger Kochsalzlösung	7.5	7.2
„ 1 „ Salzsäure	9.2	8.6
„ gesättigter Gipslösung	10.2	10.0
„ halbgesättigtem Kalkwasser	17.0	16.7

Alle Absätze waren anfangs flüssig. Nur der in destilliertem Wasser gebildete war fest und schwierig durch Schütteln wieder in das Wasser zu verteilen. Nach 30 Tagen war in den Kochsalz- und Salzsäure-Lösungen nur die Oberfläche des Absatzes flüssig. Der Absatz aus Gipslösung war fortwährend flüssig. Der in Kalkwasser gebildete Absatz war jetzt hart geworden. (Die Röhren waren geschlossen.)

Resultate.

Schon der Sand 0.05—0.02 mm zeigt eine Neigung durch den Einfluss von Kochsalzlösung und Salzsäure zu koagulieren. Deutlichere Koagulierercheinungen zeigen sich erst bei den

Sanden feiner als 0.02 mm. Diese Sande setzten sich in Salzlösungen viel schneller ab als in reinem Wasser. Eine deutlich sichtbare Flockenbildung, wie bei dem Koagulieren der Tonaufschlämmungen zeigt sich jedoch nicht; auch nicht bei der feinsten von mir isolierten Sandkörnung von 0.002—0.001 mm. Die für das Auge sichtbare Flockenbildung scheint nur bei den noch feineren Teilchen der Stoffe, bei den Kolloiden, vorzukommen.

Aus reinem und aus schwach alkalischem Wasser setzen sich die feinen Sande in dichtem, festem Zustande ab,[1]) 15 g Sand nehmen dabei ein Volumen von nur 9.7—10 ccm ein. Aus salzhaltigen Lösungen, aus stark sauren und stark alkalischen Flüssigkeiten sind die Absätze weit mehr voluminös, können sogar einen 50 % grösseren Raum ausfüllen. Der in gesättigtem Kalkwasser gebildete Absatz kann sogar ein 240 % grösseres Volumen einnehmen.

Von diesen voluminösen, wasserreichen Absätzen sind die meisten mehr oder weniger flüssig. Nur der in gesättigtem Kalkwasser gebildete, sehr voluminöse Absatz ist fest. Die flüssigen zeigen keine grosse Neigung das überschüssige Wasser abzugeben und fest zu werden. Ein aus Gipslösung gebildeter Absatz hielt sich einen ganzen Monat völlig flüssig.

Wenn 15 g Sand in Wasser ein Volumen von 9.7—10 ccm ausfüllen, ist der Wassergehalt des Sandes etwa 42 Volumenprozent oder 22 Gewichtsprozent. Wenn 15 g Sand ein Volumen von 14.3 ccm einnehmen, dann ist der Wassergehalt 57 Volumenprozent oder 33.5 Gewichtsprozent.

Die flüssigen feinen Sande spielen keine kleine Rolle in der Natur, obwohl die wissenschaftliche Literatur nicht viel davon erzählt. Dieselben scheinen hauptsächlich in den kälteren Zonen der Erde vorzukommen. Niedrige Temperatur des Wassers scheint der Bildung flüssiger Sande günstig zu sein. Im nördlichen Schweden bereiten diese wasserüberreichen Sande bei den Eisenbahnbauten grosse Schwierigkeiten. — Tone derselben Art kommen ebenfalls vor. In der Provinz Bohuslän in Schweden hat man an mehreren Plätzen versucht, Eisenbahneinschnitte in den dortigen postglazialen Tonlagern zu machen. Die Tonlager kamen aber früher oder später in Fluss und wälzten sich über

[1]) Sand feiner als 0.002 mm verhält sich ebenso.

die Eisenbahndämme. Ich habe einen solchen Ton näher untersucht. Derselbe war ein stark chlornatriumhaltiger steifer Ton mit einem Wassergehalt von 35 Gewichtsprozent, d. i. etwa 60 Volumenprozent. Es ist dies ein interessantes Beispiel, wie stark und andauernd einige Bodenarten das Wasser binden können. Die Frage, unter welchen äusseren Bedingungen derartige wasserreiche, halbflüssige Böden entstehen, verdient weiter verfolgt zu werden.

Die Grenze, bei welcher die Salzlösungen einen stark koagulierenden Einfluss auf die feinen Sande zu zeigen anfangen, liegt nach dem oben angeführten bei einer Korngrösse von 0.02 mm.

13. Die Brownsche „Molekularbewegung".

Der englische Botaniker R. Brown entdeckte im Jahre 1827, dass in Flüssigkeiten schwimmende sehr kleine Teile eine zitternde Bewegung besitzen. Chr. Wiener wollte die Bewegung als den Flüssigkeiten selbst zukommend erklären.[1] Exner zeigte, dass die Bewegung durch Licht und Wärme erhöht wird[2]) und dass Partikeln von der Grösse von 0.004 mm die Bewegung nicht mehr zeigen. Schulze fand, dass, wenn die Teilchen durch Zusatz von Salzen und Säuren koaguliert werden, die Bewegung aufhört.[3] Zsigmondy zeigte 1905, dass diese Bewegung den kolloidalen Körperchen eigentümlich ist.[4] — Die Physik hat bisher über diese eigentümliche Bewegung der sehr kleinen Teilchen keine genügende Erklärung gegeben.

Die feinste, von mir isolierte Sandkörnung zeigt unter dem Mikroskope diese Bewegung. Ich habe die obere Grenze der Bewegung festzustellen gesucht und gefunden, dass Sandkörner von 0.003 mm ($= 3\mu$) diese Bewegung nur schwach zeigen. Eine ausgeprägte Bewegung tritt erst bei Körnern von 0.002 mm Durchmesser (2μ) ein. — Die Bewegung findet nur in reinem und in schwach alkalischem Wasser statt. Salze, Säuren, konzentrierte alkalische Lösungen hindern dieselbe und koagulieren die Teilchen. Je kleiner die Teilchen, je lebhafter die Bewegung.

---

1) Wiener, Pogg. Ann. 108, 85—91; nach Jahresb. d. Chemie 1867.
2) Exner, Wiener Akad. Ber. 56 (2), 116; nach Jahresb. d. Chemie 1867.
3) Schulze, Pogg. Ann. 129, S. 368; nach Jahresb. d. Chemie 1867.
4) Zsigmondy, Zur Erkenntnis der Kolloide 1905, S. 108.

14. Die rationelle Klassifikation der Sande.

Man findet in der Literatur die Sande oft nach ihren mineralogischen Eigenschaften klassifiziert. Man unterscheidet so z. B. Quarzsand, Feldspatsand, Glimmersand, Kalksand, Dolomitsand, Mergelsand, Magneteisensand, Glaukonitsand usw. Die äusseren, physikalischen Eigenschaften der Sande stehen aber mit der mineralogischen Zusammensetzung derselben in sehr schwacher Beziehung. Viel stärker ist der Einfluss der verschiedenen Grobkörnigkeit oder Feinkörnigkeit. Ob ein Sand viel oder nur wenig Wasser den Pflanzen liefern kann, ob derselbe einen schlechten oder guten Kulturboden bildet, steht hauptsächlich mit der verschiedenen Kapillarität und der wasserhaltenden Kraft des Sandes, d. h. mit der Korngrösse, in Verbindung. Die mineralogische Zusammensetzung der Sande erlangt erst dann Bedeutung, wenn die Frage gestellt wird: Können die Sande durch die Verwitterung viel Pflanzennahrung liefern?

Wenn man die Sande nach den verschiedenen Körnungsgraden einteilen will, und wenn man eine natürliche Einteilung wünscht, welche die Sande in Gruppen von verschiedenen Eigenschaften trennt, so fragt es sich, welches sind diese verschiedenen Eigenschaften, und bei welchen Körnungsgrenzen treten neue Eigenschaften auf.

Meine oben beschriebenen Untersuchungen haben auf diese Fragen die Antwort gegeben. Es haben die Untersuchungen folgendes gezeigt.

Sand von 5—2 mm wird von dem Niederschlagswasser nur befeuchtet, kann aber keinen Wasservorrat zwischen den Sandkörnern aufsammeln. Sand von 2—1 mm kann dagegen 5 mm, Sand von 1—0.5 mm kann 9 mm, Sand von 0.5—0.2 mm kann sogar 30 mm Niederschlagswasser festhalten. Die erste Grenze, die Grenze zwischen den nicht wasserhaltenden und den schwach wasserhaltenden Sanden liegt somit bei der Körnergrösse von 2.0 mm.

Sand von 0.5—0.2 mm kann zwar 30 mm Wasser in den Kapillaren der Sandoberfläche festhalten. Diese Wassermenge reicht aber für die Kulturpflanzen nur kurze Zeit. Da die Kapillarität dieses Sandes ausserdem nur 246 mm beträgt, so wird dieser Sand einen trocknen Boden bilden. — Der Sand von 0.2—0.1 mm kann dagegen bis 100 mm Wasser in den Kapillaren

der Oberfläche aufbewahren, ist daher als Kulturboden weit besser, nicht so trocken. Die Grenze zwischen den trocknen und den besser wasserhaltenden Sanden liegt mithin bei 0.2 mm. Es besteht übrigens zwischen dem Sande 0.5 bis 0.2 mm und den feinen Sanden der physikalische Unterschied, dass beim Begiessen das Wasser bei dem Sande 0.5—0.2 mm nicht in der Oberfläche bleibt, sondern ziemlich rasch tiefer sinkt. Bei den feineren Sanden bleiben dagegen beim Begiessen wenigstens 100 mm Wasser (bei den feinen Sanden weit mehr) in der Oberfläche des Sandes. Die Schwerkraft kann hier das Wasser nicht tiefer ziehen. Wenn das Wasser teilweise tiefer sinkt, so geschieht dies durch die Kraft der Kapillaren. Die Hauptmenge des Wassers bleibt indessen lange Zeit in der Oberfläche des Sandes.

Bei 0.02 mm Körnergrösse stellt sich eine dritte sowohl praktisch als theoretisch hochwichtige Grenze ein. Sandkörner feiner als 0.02 mm können nicht mit unbewaffnetem Auge unterschieden werden. So feine Sande, dass dieselben durch das Auge nicht als Sand aufgefasst werden können, werden gewöhnlich Ton genannt. Hier liegt somit die Grenze zwischen den Sanden, die den sandigen Boden konstituieren, und denen, die als Hauptbestandteile der tonigen Böden auftreten.

Die Wurzelhaare der Pflanzen können in den kleinen kapillaren Höhlungen der Sande, die feiner als 0.02 mm sind, nicht eindringen. Sande feiner als 0.02 mm müssen darum mit den Ackergerätschaften viel gründlicher bearbeitet und gelockert werden als die gröberen Sande, um für die Kulturpflanzen ein passendes Nahrungsbett zu bilden.

Die Sande feiner als 0.02 mm fangen ferner an, eine von den wichtigeren Eigenschaften der Tone und der kolloidalen Körpern zu zeigen. Denn sie werden durch die Einwirkung verschiedener in Wasser löslichen Stoffe koaguliert, und nehmen in dieser Form grössere Volumina ein als die nicht koagulierten Sande. Die aus solchen Sanden bestehenden Böden bekommen dadurch die Eigenschaft leicht „gekrümelt“ zu werden, was für die Bearbeitung derartiger Böden von Bedeutung ist.

Die vierte wichtige Grenze liegt bei einer Dimension der Sandkörner von 0.002 mm (= 2 μ). Körner feiner als 0.002 zeigen, wenn dieselben im Wasser schwimmen, die

zitternde „Brownsche Molekularbewegung". Diese Bewegung ist für die kolloidalen Körperchen eigentümlich. Die Natur der Bewegung ist zwar unbekannt. Dass die Grenze, wo diese Bewegung aufhört, eine wichtige physikalische Grenze bildet, ist jedoch klar.

Mehr praktische Bedeutung hat das kapillare Verhalten dieser Sande. Die kapillare Bewegung ist in dem Sande 0.002 bis 0.001 mm sehr langsam, nur 55 mm in den ersten 24 Stunden. Durch diese langsame Bewegung des Wassers stellt sich solcher Sand den wirklichen Tonen in den Eigenschaften nahe.

Es existieren somit vier wichtige Grenzdimensionen, wo die Sande neue physikalische Eigenschaften annehmen. Die Sande gröber als 2.0 mm können kein Wasser in dem Raum zwischen den Sandkörnern aufbewahren. Die Sande feiner als 2.0 mm können mehr oder weniger Wasser aufbewahren. Das Wasser bleibt aber nicht in der Oberfläche der Sande, sondern sinkt tiefer. Bei Sanden feiner als 0.2 mm bleibt aber das Niederschlagswasser in der Oberfläche liegen und sinkt nur allmählich tiefer durch die Kraft der Kapillaren. Bei der Dimension von 0.02 mm fangen die Sande an koagulierbar zu werden. Unterhalb der Grenze 0.002 mm zeigen die Sande die eigentümliche „Molekularbewegung". — Dieselben Grenzen sind ebenfalls von praktischer Bedeutung. Die Grenze 0.2 mm ist die Grenze zwischen den trocknen Sanden, welche schlechte, trockene Boden liefern, und den gut wasserhaltenden Sanden, die die guten Sandböden bilden. — Die Grenze 0.02 mm ist die Grenze, wo die Sande tonartige Eigenschaften annehmen und in der Praxis als Tone bezeichnet werden. — Bei der Grenze 0.002 fangen die Eigenschaften der steiferen Tone an sich zu zeigen.

Es scheint mir bei der grossen Bedeutung dieser vier Grenzen ganz klar, dass dieselben bei der Einteilung der Sande als Hauptgrenzen zwischen den verschiedenen Sandgruppen angenommen werden müssen, und dass die Terminologie der Sande nach der so gewonnenen Einteilung geordnet werden muss. Es war ja bisher kein derartiger rationeller Einteilungsgrund vorhanden. Alle bisherigen Einteilungen sind auf ganz willkürliche Grundlagen aufgestellt worden.

Ich habe darum für die schwedische Sprache folgende Terminologie der Sande vorgeschlagen, die Einteilung dabei ebenfalls zu den gröberen Bestandteilen der Böden ausstreckend.

Bodenbestandteile	über 2 dcm		werden	Block (= Geschiebe) genannt,
„	von 2.0 —2 cm		werden	Klapper (= Geröll) genannt,
„	„ 2.0 — 2	mm	werden	Grus (= Kies) genannt,
„	„ 2.0 —0.2	„	„	Sand genannt,
„	„ 0.2 —0.02	„	„	Mo genannt,
„	„ 0.02—0.002	„	„	Mjuna oder Grofler (= Grobton) genannt,
„	feiner als 0.002	„	„	Finler (= Feinton) genannt.

Mit dem Worte Sand wird hier nur der grobe Sand der trockenen Sandböden bezeichnet. Der feine Sand der besseren Sandböden wird als „Mo" bezeichnet. Mo[1]) ist ein schwedisches Wort, das schon von den Chemikern WALLERIUS (1747), RINMANN (1789), und VON POST (1877) als Bezeichnung für feinen Sand angewandt worden ist.

Die Sande feiner als 0.02 mm sind keine wirklichen Sande mehr. Die Körner sind für das unbewaffnete Auge nicht sichtbar und besitzen tonähnlichen Eigenschaften. Mjuna ist ein nordschwedisches Wort für derartige sehr feine Böden, die jedoch keinen wirklichen Ton darstellen. Ich hatte anfangs diese Sandkörnung als „Lättler" (d. i. leichter Ton) bezeichnet.[2]) Da aber derartige Sandböden gar nicht leicht zu bearbeiten sind, muss der Name geändert werden. Das Wort Ler ist eine Abkürzung des schwedischen Wortes „Lera", das Ton bedeutet. Mit dem Worte „Ler" bezeichne ich vorläufig nicht nur die feinsten Sande, sondern ebenfalls die amorphen tonigen Bestandteile der Böden.

Ich will hier noch die wichtigsten kapillaren Eigenschaften der von mir untersuchten Sandkörnungen zusammenstellen.

(Siehe die Tabelle auf S. 140.)

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass, wenn man das Verhalten natürlicher Sande zu Wasser untersuchen will, man am bequemsten das kapillare Hebevermögen in 24 Stunden und die Zeit des Niedersinkens einer bestimmten Quantität Wasser festzustellen hat. Ganz dasselbe gilt für die Untersuchung gemischter Böden.

---

[1]) Das Wort Mo wird Mu gelesen.
[2]) Chemiker-Zeitung 1905, 29, No. 15.

	Kapillarität, d. i. kapillares Hebevermögen für Wasser	Kapillares Hebevermögen für Wasser in 24 Stunden	Der Sand kann folgende Mengen Wasser oberhalb der Kapillargrenze aufbewahren	50 ccm Wasser	100 ccm Wasser
				erfordern folgende Zeit, um in dem trocknen Sande niederzusinken	
	mm	mm	mm		
Grus von 5 bis 2 mm	25	22	0	sinken gleich	sinken gleich
Sand von 2 „ 1 „	65	54	5	„	„
Sand von 1 „ 0.5 „	131	115	9	„	„
Sand von 0.5 „ 0.2 „	246	214	30	„	„
Mo von 0.2 „ 0.1 „	428	376	100	1′ 35″	4′ 45″
Mo von 0.1 „ 0.05 „	1055	530	?	4′ 5″	13′ 30″
Mo von 0.05 „ 0.02 „	etwa 2 m	1153	?	8′ —	24′ 30″
Mjuna von 0.02 „ 0.01 „	?	485	?	16′ 30″	49′ —
Mjuna von 0.01 „ 0.005 „	?	285	?	28′ —	88′ —
Mjuna von 0.005 „ 0.002 „	?	143	?	58′ —	160′ —
Finler von 0.002 „ 0.001 „	?	55	?	?	?

Ich habe es ganz überflüssig gefunden, bei der Bodenanalyse jede der drei Bodengruppen „Sand“, „Mo“ und „Mjuna“ wieder in drei Abteilungen, wie dies in der Tabelle S. 140 geschehen ist, zu teilen. Die meisten natürlichen Böden sind so stark gemischte Böden, dass eine Einteilung der sandigen Bestandteile in den Hauptgruppen Sand, Mo und Mjuna ganz hinreichend erscheint. Nur bei einfacheren Böden, die nur aus einer oder zwei der genannten sandigen Bodenkonstituenten bestehen, kann für das genauere Charakterisieren eine weitere Einteilung der Sandgruppen von Vorteil sein. Jede Gruppe in drei Teile einzuteilen, scheint mir jedoch nicht nötig. Ich teile jede der Gruppen in nur zwei Teile ein, und bekomme dadurch folgende Einteilung und Terminologie.

Gruppe	Unterabteilung	Grösse
Block gröber als 2 dcm	Klippblock (Felsenblöcke) über	2 m,
	Stenblock (Steinblöcke)	20—6 dcm,
	Blocksten (Blocksteine)	6—2 „ .
Klapper 20—2 cm	Grofklapper (Grobgeröll)	20—6 cm,
	Småklapper (Kleingeröll)	6—2 „ .
Grus 20—2 mm	Grofgrus (Grobkies)	20—6 mm,
	Smågrus (Kleinkies)	6—2 „ .
Sand 2—0.2 mm	Grofsand (Grobsand)	2—0.6 mm,
	Småsand (Kleinsand)	0.6—0.2 „ .
Mo 0.2—0.02 mm	Grofmo oder Fimma (Feinsand)	0.2 —0.06 mm,
	Finmo oder Mjäla (Mehlsand)	0.06—0.02 „ .
Mjuna oder Grofler 0.02—0.002 mm	Grofmjuna	0.02 —0.006 mm,
	Finmjuna	0.006—0.002 „ .
Finler		Feiner als 0.002 mm.

Die Grenzen zwischen den Unterabteilungen müssen so, wie ich hier gemacht habe, gestellt werden; denn $2 \times 3.16 = 6.32$ und $6.32 \times 3.16 = 20$. Ich habe die Zahl 6.32 auf 6 abgerundet.

Ich möchte hoffen, dass diese, auf die verschiedenen Eigenschaften der Sandkörnung begründete Einteilung der Sande allgemeine Anwendung finde. Die Einteilung basiert auf den Eigenschaften der glazialen Sande, deren Körner allgemein polyedrische Formen zeigen. Sande anderer Herkunft, die mehr kugelige Körner zeigen, müssen etwas höhere Kapillaritätsziffern und etwas langsamere Bewegung des Wassers in den kapillaren Poren zeigen. Ich glaube jedoch, dass die vorgeschlagene Einteilung der Sande auch für derartige Sande sich

bewähren wird. — Erst bei der Anwendung der Klassifikation auf die Bestandteile der feinschuppigen Lateritböden können Schwierigkeiten erwartet werden.

15. Die Analyse der Sandböden.

Die von mir für die Analyse der Mineralböden benutzten Methoden werden später in dieser Zeitschrift beschrieben werden. Hier will ich nur vorläufig mitteilen, dass ich für die Bestimmung der gröberen Bodenbestandteile Drahtsiebe von 6 mm, 2 mm, 0.6 mm und 0.2 mm benutze. Die Richtigkeit der Siebe wird durch makroskopische und mikroskopische Messung konstatiert.

Für die Trennung der feineren Bodenbestandteile habe ich einen einfachen und bequemen Schlämmapparat (Sedimentierapparat) konstruiert. Der Apparat ist bei C. Gerhardt, Bonn, zu beziehen.

Die für die Trennung der feinen Sande von mir bei der Schlämmanalyse benutzten Absetzzeiten sind:

Für Mo von 0.2 —0.06 mm . . . . . . 55 Sekunden,
„ „ „ 0.06—0.02 „ . . . . $7^1/_2$ Minuten,
„ Mjuna von 0.02 —0.006 mm . . . . 1 Stunde,
„ „ „ 0.006—0.002 „ . . . . . 8 Stunden.

Die Ziffern für 10 cm Wasserhöhe berechnet.

Gewöhnlich werden nur die Absetzzeiten von $7^1/_2$ Minuten und 8 Stunden benutzt.

Hier mögen schliesslich einige nach meinem System ausgeführten Bodenanalysen mitgeteilt werden.

Moränenbildungen.

	Geröllreich	Kies- und Sandreich	Sand- und Moreich	Tonige Moränenböden		Kiesige Tonmoräne
Blöcke	—	—	4.0	—	—	—
Geröll	49	14	9.0	—	—	—
Kies	29	27	13.0	1	—	36
Sand	17	28	34.0	3	2	19
Mo	4	15	33.0	51	37	18
Grobton	1	12	6.5	42	26	12
Feinton	—	4	0.5	3	35	15

Flussbildungen der Eiszeit (Åsar, Rullstensgrus).

	Einlagerungen		Hauptbildungen		Obere Lagerbildung.	
Geröll . . .	36 30 } 56	—	—	— 20	— 6	—
Kies . . .	15 8 } 23	67 25 } 92	4 18 } 22	10 8 } 18	— 7	— 0.5
Sand . . .	6 13 } 19	4 4 } 8	53 23 } 76	7 45 } 52	16 67 } 83	7 85 } 92
Mo. . . .	— 2	—	— 2	— 10	— 4	— 7.5

Uferbildungen.

	Geröll	Geröllhaltiger Sand	Uferwälle		Dünensande		
Geröll . . .	25 60 } 85	— 34	— 48	—	—	—	—
Kies . . .	— 15	— 10	— 4	—	—	—	—
Sand . . .	—	5 40 } 45	6 37 } 43	2 96 } 98	5 94 } 99	3 82 } 85	1 55 } 56
Mo. . . .	—	— 11	— 5	— 2	— 1	— 15	— 44

Binnensee- und Meeresbildungen.

	Sand	Mo	Toniger Mo	Mjuna	Letten	Steifer Ton	Steifster Ton
Kies . . .	12	—	—	—	—	—	—
Sand . . .	70	15	1	—	11	8	1
Mo. . . .	18	79	77	20	20	45	7
Grobton . .	—	6	22	72	55	20	18
Feinton . .	—	—	—	8	14	27	72

Kalmar, im Januar 1908.



Mitteilung der agrik.-chem. Versuchsstation Berlin,
Institut für Versuchswesen und Bakteriologie
an der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule.

Der weisse Senf in seiner Beziehung zur Stickstoffassimilation.

Von

O. LEMMERMANN (Referent) und E. BLANCK.

Über die Bedeutung, welche der weisse Senf für den Stickstoffhaushalt des Bodens besitzt, ist es noch nicht gelungen, völlige Klarheit zu gewinnen. Man ist sich zwar darüber einig, dass der weisse Senf ein guter Stickstofferhalter ist. Aber manche Forscher sind geneigt, darüber hinaus, den Senf direkt als Stickstoffmehrer anzusprechen. LIEBSCHER[1]) wollte s. Z. durch Versuche sicher festgestellt haben, dass der Senf ebenso wie die Leguminosen, imstande sei, den freien Stickstoff der Luft aufzunehmen und er war der Meinung,[2]) dass dieser Vorgang in ähnlicher Weise wie bei den Leguminosen, das Resultat des Zusammenwirkens von Bodenbakterien und der grünen Pflanze sei. Merkwürdigerweise sollte für die Entfaltung der stickstoffsammelnden Kraft des Senfes nach der Ansicht LIEBSCHERS eine reichliche Ernährung mit Nitrat-Stickstoff förderlich sein.

PFEIFFER und FRANKE[3]) haben dann diese Ansichten experimentell widerlegt und auch die Untersuchungen von KOWERSKY,[4])

[1]) Journal für Landwirtschaft 1893, Bd. 41, S. 139.
[2]) Deutsche landwirtschaftliche Presse 1894, No. 21.
[3]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 46, S. 117; Bd. 48, S. 455.
[4]) Inaugural-Dissertation, Halle 1895.

Aeby[1]) und Lotsy[2]) sprachen dagegen, dass der Senf die Fähigkeit besitzt, den elementaren Stickstoff sich nutzbar zu machen. Aber die Ansicht, dass der Senf günstig, d. h. bereichernd, auf den Stickstoffgehalt des Bodens wirke, blieb trotzdem vielfach bestehen.

Und zwar sollte er diese günstige Wirkung äussern, sowohl dann, wenn er als Gründünger untergebracht wird, als auch, wenn er nur als Vorfrucht auf einen Boden eingewirkt hat. Da nun von einer direkten Stickstoffassimilation analog den Leguminosen auf Grund der vorliegenden Versuche nicht mehr die Rede sein konnte, war man geneigt, an eine indirekte Wirkung des Senfes zu glauben, indem man annahm, dass der Senf resp. seine Bestandteile imstande seien, die Organismenflora des Bodens zugunsten der Stickstoffassimilation zu beeinflussen.

Die günstige Wirkung der Senf-Gründüngung hat man wohl in der Weise zu erklären versucht, dass man annahm, bei der Zersetzung der untergepflügten Senfpflanzen bildeten sich im Boden besondere chemische Körper (Senföl etc.), welche, ähnlich wie man es von Schwefelkohlenstoff annimmt, die Tätigkeit der stickstoffsammelnden Organismen zu steigern vermöchten. Während Hiltner und Störmer[3]) diese Erklärung noch in die Form einer vorläufigen Hypothese kleideten, unterliegt es Heinze[4]) kaum noch einem Zweifel, dass man mit Hilfe einer Senfgründüngung oder mit Senf als Vorfrucht bei Gegenwart ausreichender Mengen Kohlenstoffverbindungen im Boden, ähnlich wie bei einer Schwefelkohlenstoff-Behandlung, eine nicht unbeträchtliche Stickstoffanreicherung des Bodens herbeiführen könne. Diese Ansicht erscheint ihm um so begründeter, als es ihm bereits gelungen sei, durch Senf-Gründüngungssubstanz den wichtigsten Stickstoffsammler, Azotobakter, zu reichlicher Entwicklung, ja bisweilen sogar zu einer ziemlich üppigen Vegetation zu bringen. Vor der Hand aber fehlt doch dieser Hypothese noch in fast jeder Beziehung die nötige Unterlage und auch die behauptete Tatsache selbst, dass die Senfgründüngung günstig auf den Stickstoffgehalt des Bodens resp. auf den Ertrag der

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen 1896, Bd. 46, S. 409.

[2]) Kochs Jahresbericht Bd. 5, S. 266.

[3]) Arbeiten der biologischen Abteilung des Kaiserl. Gesundheitsamtes 1903, Bd. 3, S. 448.

[4]) Zentralblatt für Bakteriologie Bd. XVI.

Hackfrucht einwirke, ist noch keineswegs sicher gestellt. So konnte A. Koch[1]) z. B. sogar Stickstoffverluste bei Gründüngung mit Senf beobachten und Schneidewind[2]) vertritt neuerdings den Standpunkt, dass der Senf als Gründüngungspflanze ganz zu verwerfen sei und dass es höchste Zeit sei, dass die Gründüngung in dieser Form von der Bildfläche verschwinde. Denn nach Senfgründüngung ernte man meistens nicht mehr, sondern weniger als ohne jede Gründüngung.

Schneidewind führt folgende Versuche zum Beweise an:

Art der Düngung:	Ernteertrag in Doppelzentner pro Hektar: Kartoffeln	Stärke
Gründüngung (als Erbsen, Bohnen, Wicken) . .	274.0	53.70
Ohne Gründüngung (Stoppeln gleich nach der Ernte umgebrochen)	250.4	48.08
Gründüngung (als Senf)	226.0	43.40
Durch Gründüngung mit Senf weniger	24.4	4.68

Aus den bisherigen Angaben geht also hervor, dass der Senf an sich nicht die Fähigkeit besitzt, den elementaren Stickstoff der Luft aufzunehmen, und dass es auf Grund der vorliegenden Versuche z. Z. mehr wie zweifelhaft ist, dass die oberirdische Substanz des Senfs als Gründüngung die spezifische Eigenschaft besitzt eine Stickstoffassimilation im Boden durch die stickstoffsammelnden Mikroorganismen herbeizuführen.

Trotzdem brauchen aber diese Mitteilungen nicht so ohne weiteres gegen eine günstige Beeinflussung der Stickstoffassimilation durch den Anbau von Senf zu sprechen. Es ist von vornherein nicht gerade undenkbar, dass der Senf an sich, aus noch darzulegenden Gründen, eine Stickstoffanreicherung herbeiführen kann, und dass diese günstige Wirkung nach der Unterbringung der grünen Substanz durch bestimmte Umwandlungs- oder Zersetzungs-Prozesse mehr oder weniger wieder verwischt werden kann.

Wir möchten daher noch kurz die Frage erörtern, was man darüber weiss, ob der Senf an sich auf den Stickstoffgehalt des Bodens bereichernd einwirken kann. Es ist bereits oben

---

[1]) Mitteilungen der D. L.-G. 1906, Stück 10.

[2]) Die Stickstoffquellen und Stickstoffdüngung, Verlag von Paul Parey in Berlin, 1908, S. 41.

erwähnt, dass man beobachtet haben will, dass der Senf auch als Vorfrucht (d. h. also nach dem Abernten) die Stickstoffassimilation fördere. Wenn wir uns die Literatur daraufhin ansehen, so finden wir hier und dort Angaben, welche diese Beobachtungen resp. Annahmen bestätigen könnten.

So fanden z. B. B. Nobbe und Hiltner,[1]) dass bei dem Anbau von Senf (und auch von Hafer und Buchweizen) eine erhebliche Anreicherung des Bodens an Stickstoff eintrat, während das ohne Pflanzen gebliebene Vergleichsgefäss nur eine sehr geringe Stickstoffaufnahme aufwies, trotzdem die Pflanzen selbst schon bald nach der 2. Einsaat deutliche Zeichen von Stickstoffhunger wahrnehmen liessen. Die Versuchsansteller erklären diese Beobachtung durch die Annahme, dass unter dem Einfluss der Pflanzen die Stickstoffassimilation durch die Tätigkeit der Bodenorganismen stattgefunden hat. Auch Pfeiffer und Franke[2]) konnten bei ihren Senfversuchen in den Versuchsreihen, welche nicht sterilisiert und ohne Salpeterdüngung geblieben waren, eine deutliche Stickstoffzunahme beobachten.

Es erschien nun nicht uninteressant diesen Beobachtungen etwas näher nachzugehen.

Was zunächst die Erklärungen anbelangt, welche man für eine etwaige Stickstoffassimilation gegeben hat, so glauben wir nicht, dass es „Schwefelkohlenstoffderivate in Form von Senfwurzelsubstanz“ sind, welche wie Heinze[3]) es annimmt, einen günstigen Einfluss auf die stickstoffsammelnden Bakterien ausüben.

Zu einer anderen Erklärung könnten wir gelangen, wenn wir annehmen, dass die Pflanzen selbst die Mikroflora des Bodens beeinflussen können, und dass dementsprechend durch den Anbau von Senf die stickstoffsammelnden Organismen in ihrem Wachstum und ihrer Tätigkeit gefördert werden. Dass die Pflanzen einen Einfluss ausüben können auf die Art und Menge der Mikroorganismen des Bodens, ist ja bereits früher von anderer Seite vermutet und behauptet worden. Am meisten ist dieser Gesichtspunkt in letzter Zeit von Hiltner[4]) betont worden. Hiltner ist der Meinung, dass die verschiedenen Pflanzenarten die Mikroflora im Bereiche ihrer Wurzeln (er

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 45, S. 158.
[2]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 48, S. 459.
[3]) Zentralblatt für Bakteriologie Bd. XVI, S. 357.
[4]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 98, S. 59.

nennt diese Einflusssphäre der Wurzeln „Rhizosphäre") dadurch beeinflussen können, dass sie durch bestimmte Wurzelausscheidungen solche Mikroorganismen anlocken, welche für ihre Ernährung nützlich sind. „Von vornherein kann man mit Bestimmtheit darauf rechnen, dass z. B. die Ausscheidungen einer Leguminosenwurzel ganz andere Organismen anlocken, als jene des Senfes oder Hafers, da jede Pflanzenart das Bestreben hat, sich solche Organismen nutzbar zu machen, die ihren besonderen Ernährungsansprüchen dienlich sind."[1])

Hiltner führt diesen Gedankengang näher aus bezüglich der Leguminosenpflanzen. Er nimmt an, dass die an den Boden wirklich angepassten Leguminosenpflanzen ausser mit den in ihre Wurzeln eindringenden Knöllchenbakterien auch noch in nähere Beziehungen treten zu solchen Bakterien, welche ausserhalb ihrer Wurzeln im Boden leben. So zu solchen, denen die Fähigkeit zukommt, den löslichen Bodenstickstoff in eine unlösliche, von den Pflanzen zunächst nicht aufnehmbare, aber wieder leicht zersetzbare Form überzuführen. Diese Festlegung soll den Nutzen haben, dass einmal die Leguminosen aus ihren Knöllchen ungehindert Vorteil ziehen können, und dass ferner auch die frei im Boden lebenden stickstoffsammelnden Bakterien, welche durch lösliche Stickstoffverbindungen des Bodens in ihrer Tätigkeit gehemmt werden, befähigt werden, den freien Stickstoff zu assimilieren. Erst dadurch und keineswegs durch die Knöllchenwirkung allein lässt es sich nach Hiltner erklären, wenn die Leguminosen den Boden an Stickstoff anreichern.

Wir vermögen uns dieser Ansicht, für die der experimentelle Beweiss bisher auch noch nicht erbracht ist, aus folgenden Gründen nicht voll anzuschliessen.

Es ist bekannt, dass die Leguminosen an sich ebensogut wie die anderen höheren Gewächse die Stickstoffverbindungen des Bodens aufnehmen können und Referent hat in einer früheren Arbeit zu zeigen versucht, dass in dem verschiedenen grossen Wasserdurchströmungsvermögen vielleicht die Ursache für die Ausbildung des symbiotischen Verhältnisses zwischen Leguminosen und Knöllchenbakterien zu suchen ist. Es ist nun nicht einzusehen und vom allgemein biologischen Gesichtspunkte aus auch

[1]) Arbeiten der D. L.-G. Heft 98, S. 73 u. 74.

unwahrscheinlich, dass die Leguminosen sich eine ihnen zur Verfügung stehende Stickstoffquelle selbsttätig verschliessen sollten. Allerdings betont Hiltner, dass nur die wirklich angepassten Leguminosenpflanzen dieses tun sollten. Aber diese Einschränkung macht die Hypothese m. E. nicht verständlicher. Es fehlten uns die Unterlagen für die Annahme, dass Leguminosen, welche, wenn sie keine passenden Knöllchenbakterien im Boden vorfinden, sich von den Stickstoffverbindungen des Bodens ernähren, also keine Bakterien anlocken um sie für sich unzugänglich zu machen, dieses dann tun sollen, wenn sie in Symbiose mit den Knöllchenbakterien getreten sind.

Trotzdem sind wir aber geneigt, uns der Meinung anzuschliessen, dass die Pflanzen einen Einfluss auf die Bodenflora ausüben. Aber wir glauben, dass dieser Einfluss nicht direkter, sondern indirekter Art ist. Hinsichtlich der Leguminosen könnte man folgendes annehmen. Wenn sie mit Hilfe der Knöllchenbakterien den Stickstoff der Luft ausnutzen, werden sie den Mikroorganismen keine oder weniger Konkurrenz hinsichtlich des Bodenstickstoffs machen, so dass diese den Bodenstickstoff ungehindert für sich verwerten können. Und auf diese Weise wird sicher auch ein Teil des löslichen Stickstoffs in Eiweiss umgewandelt und also festgelegt. Es steht auch der weiteren Annahme nichts entgegen, dass, wenn diese Festlegung erfolgt ist, die stickstoffsammelnden Bakterien ihre Tätigkeit beginnen werden. Ob nun aber die Vorgänge immer in diesem Sinne verlaufen, erscheint doch fraglich, man muss sicher annehmen, dass der ganze Charakter des Bodens dabei von ausschlaggebender Bedeutung ist. Viel Positives wissen wir hierüber z. Z. nicht, immerhin wird man aber berechtigt sein, den Pflanzen einen Einfluss auf die Bodenflora zuzusprechen.

Wenn wir von diesem Gesichtspunkte aus die Senfpflanze betrachten, so könnten wir, wenn wir einen eventuellen Einfluss auf die Mikroorganismenentwicklung im Boden annehmen wollen, von vornherein es als möglich betrachten, dass bei dem Anbau von Senf die Stickstoffassimilation im Boden begünstigt wird. Denn der Senf ist eine Pflanze, welche den Stickstoff in Form von Salpeter in hohem Maſse dem Boden zu entziehen vermag. Diese Fähigkeit ist so gross, dass man den Senf direkt als Reagens auf Salpeter im Boden insofern benutzen kann, als es

möglich ist, Salpeter im Senf selbst dann noch chemisch nachzuweisen, wenn dieses im Boden nicht mehr möglich ist.[1]

Der Boden wird also unter dem Einflusse des Senfes an leicht aufnehmbarem Stickstoff verarmen, und es wären dadurch für die stickstoffsammelnden Bakterien günstige Verhältnisse geschaffen.

Um diese Frage zu prüfen, haben wir einige dahin zielende Versuche angestellt.

Wir füllten einen gleichartigen, ordnungsmässig vorbereiteten, Boden (lehmiger Sandboden von unserem Versuchsfelde, der sich in guter Kultur befand) in Vegetationsgefässe von je 12 kg Inhalt und bestellten ihn wiederholt mit Senf. Andere Gefässe wurden zum Vergleich mit Pflanzen von ganz anderem Charakter ebenfalls wiederholt bestellt und zwar mit Erbsen, als Vertreter der Leguminosen und mit Gerste, als Graminee.

Die letzte Ernte erfolgte am 13. November 1907.

Der so vorbereitete Boden wurde dazu benutzt, um zu untersuchen, wie sich seine stickstoffassimilierende Kraft unter dem Einfluss der verschiedenen Pflanzen geändert hatte.

Um das Stickstoffassimilationsvermögen des Bodens zu prüfen, sind wir in folgender Weise verfahren.[2] Der Boden der einzelnen Gefässe wurde nach dem letzten Abernten der Pflanzen sorgfältig durch ein $2^1/_2$ mm Sieb geschlagen und die Pflanzenwurzeln in feinzerkleinertem Zustande dem Boden wieder einverleibt. Alsdann wurden von jedem Boden je 2 Glasgefässe gefüllt mit 4 kg Boden, und dabei zugleich eine genügend grosse Probe für die Untersuchung entnommen. Vor dem Einfüllen war der Wassergehalt der Versuchsböden gleichmässig auf 14 % gebracht. Von diesen 2 Gefässen mit gleichem Boden wurde je eines derselben auf 1000 g Boden mit 20 g Zucker vermischt (nach dem Vorgange von A. Koch), um den Bakterien eine geeignete Energiequelle

---

[1] cfr. Stahl, Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik Bd. 24, Heft 4, S. 631.

[2] Dem von anderer Seite vorgeschlagenen Verfahren bakteriologisch-chemische Bodenuntersuchungen in der Weise auszuführen, dass man die betreffenden Böden in entsprechende Nährlösungen einträgt, vermochten wir uns nicht anzuschliessen, da wir dasselbe aus Gründen, welche wir in einer anderen Arbeit darlegen werden, nicht für richtig halten. Nach unserer Meinung muss der Verlauf bakteriologischer Vorgänge im Boden selbst verfolgt werden.

zur Verfügung zu stellen. Um das Auftreten von Algen zu verhindern, wurden die Gefässe durch schwarzes Papier gegen Licht geschützt. Alsdann wurden die Gefässe in einem ammoniak- und säurefreien Raume bei einer Temperatur von 20 bis 23° C. aufbewahrt und der Wassergehalt stets durch Wägungen kontrolliert und ergänzt.

Angesetzt wurden die Versuche am 22. November 1907. Die erste Untersuchung erfolgte am 7. Januar, also nach 46 Tagen, die zweite am 22. Februar nach 92 Tagen.

Bei der Beobachtung der Böden während der Aufbewahrung zeigte sich, dass die physikalische Beschaffenheit der Böden durch den Zuckerzusatz sehr verschlechtert worden war, wie das auch bereits von A. Koch angegeben wurde.

Auch wurde bei den mit Zucker versehenen Töpfen stets eine grössere Wasserverdunstung beobachtet, als bei den übrigen. Am 7. Dezember trat bei dem Senfboden + Zucker, sowie bei dem Gerstenboden + Zucker ein ziemlich starker amylalkoholähnlicher Geruch auf und der Boden zeigte eine alkalische Reaktion. Die Böden ohne Zucker waren normal.

Merkwürdigerweise blieben diese Erscheinungen bei dem durchaus gleich behandelten Erbsenboden + Zucker aus. Hier waren also offenbar andere Organismen zur Vorherrschaft gelangt. Da durch den Zuckerzusatz, wie erwähnt, die physikalische Beschaffenheit der Böden ungünstig beeinflusst war und der Boden ein etwas schmieriges Aussehen zeigte, fürchteten wir, dass die Durchlüftung sehr herabgedrückt werden könnte und erschien es uns zweckmässig und nötig zu sein, den Wassergehalt der Töpfe zu verringern.

Wir brachten zu diesem Zwecke die Böden im Thermostaten (vom 7.—11. Dezember) auf einen Wassergehalt von 12% und erhielten sie darauf während der Folgezeit. In diesem Zustande war die Beschaffenheit eine wesentlich bessere geworden. Bei dem Senfboden + Zucker, sowie bei dem Gerstenboden + Zucker blieb ein starker Geruch nach Buttersäure sowie starke alkalische Reaktion auch späterhin bestehen, während bei dem Erbsenboden + Zucker kein Geruch wahrzunehmen und nur eine geringe alkalische Reaktion zu konstatieren war. Am 7. Januar 1908 wurde der Topfinhalt zum erstenmal zum Zwecke der Bodenuntersuchung entleert und gemischt. Vom 14. Januar 1908 ab nahm die alkalische Reaktion und der

Geruch bei dem Gerstenboden + Zucker ab und am 6. Februar 1908 waren sie fast ganz verschwunden, bei dem Senfboden + Zucker blieben sie bis zum Schlusse des Versuchs bestehen. Am 6. Februar wurden alle Bodenproben nochmals gut durchgemischt und am 22. Februar 1908 wurde der Versuch abgebrochen und die Böden wiederum auf ihren Stickstoffgehalt untersucht.

Sowohl bei der ersten Untersuchung der Töpfe am 7. Januar 1908 (nach 46 Tagen) als auch bei der zweiten Untersuchung am 22. Februar wurde so verfahren, dass, nachdem der Topfinhalt vor der Probenahme natürlich gehörig durchgemischt war, die dann entnommene Probe mit Weinsäure zunächst angesäuert, sodann getrocknet und gemahlen wurde. Nach den Untersuchungen von PFEIFFER und EHRENBERG[1]) wurden auf diese Weise etwaige Stickstoffverluste sicher ausgeschaltet.

Zur Bestimmung des Gesamt-Stickstoffs wurden stets 10 bis 12 Parallelbestimmungen á 50 g angestellt, um die Resultate möglichst zu sichern.

In dem Anhange sind die analytischen Belege mitgeteilt. Es lässt sich denselben entnehmen, dass die Untersuchungen in sehr befriedigender Weise übereinstimmen.

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf den lufttrockenen Boden.

Stickstoffgehalt des Bodens zu Beginn des Versuches:

	In 100 g Boden waren enthalten		
	Ammoniak-Stickstoff mg	Salpeter-Stickstoff mg	Gesamt-Stickstoff mg
Gerstenboden . . .	2.644	4.126	52.086
Senfboden	3.704	4.724	50.794
Erbsenboden . . .	3.670	6.962	57.480

Aus diesen Zahlen geht zunächst hervor, dass während der Vegetationszeit der Boden, welche Erbsen getragen haben, einen höheren Stickstoffgehalt gegenüber dem Gerste- resp. Senfboden zeigen.

Das ist ja ohne weiteres verständlich. Zugleich sehen wir aus diesen Zahlen aber weiter, dass der Gehalt an löslichen Stickstoffverbindungen bei dem Erbsenboden nicht kleiner, sondern sogar etwas grösser ist als bei den übrigen Böden. Eine Fest-

[1]) PFEIFFER und EHRENBERG, Mitteilung des landw. Institutes Breslau, Bd. III, Heft 5, 1906.

legung des leichtlöslichen Stickstoffs hat also unter dem Einfluss der Leguminosenwurzeln jedenfalls nicht in höherem Maſse als bei den übrigen Böden stattgefunden (cfr. S. 149/50). Der Senfboden weist den niedrigsten Stickstoffgehalt, oder, wenn wir von dem minimalen Unterschiede absehen, den gleichen Stickstoffgehalt wie der Gerstenboden auf. Wenn also überhaupt während der Vegetation eine Stickstoffassimilation im Boden stattgefunden hat, so ist dieselbe unter Senf keineswegs grösser gewesen als unter Gerste, jedenfalls aber kleiner als beim Anbau von Erbsen. Wir wollen jetzt sehen, wie sich die verschiedenen Böden nach dem Abernten der Frucht verhalten haben.

Nach 46 resp. 92 Tagen zeigten die Böden, welche ohne Zusatz von Zucker aufbewahrt wurden, in 100 g folgenden Gehalt an Gesamt-Stickstoff. Die Zahlen sind wiederum auf Trockensubstanz berechnet:

	Nach 46 Tagen mg N	Nach 92 Tagen mg N
Gerstenboden	53.470	50.712
Senfboden	49.728	48.818
Erbsenboden	51.626	53.626

Die mit Zucker versetzten Böden besassen nach 46 resp. 92tägigem Aufbewahren in 100 g Trockenboden folgende Stickstoffmengen:

	Nach 46 Tagen mg N	Nach 92 Tagen mg N
Gerstenboden	54.978	57.598
Senfboden	52.960	57.950
Erbsenboden	68.028	68.552

Zu diesen Zahlen ist zunächst zu bemerken, dass der Stickstoffgehalt des zugesetzten Zuckers, welcher pro 2 g Zucker 0.408 mg N betrug, in Abrechnung gebracht ist, wie das aus den beigefügten analytischen Belegen näher ersichtlich ist. Stellen wir nunmehr die so gewonnenen Stickstoffzahlen in Vergleich mit dem ursprünglichen Stickstoffgehalt des Bodens so ergibt sich folgendes Bild.

In je 100 g Trockensubstanz waren vorhanden:

Boden ohne Zuckerzusatz:

	Gerstenboden mg N	Senfboden mg N	Erbsenboden mg N
Zu Beginn . .	52.086	50.794	57.480
Nach 46 Tagen .	53.470	49.728	51.626
„ 92 „ .	50.712	48.818	53.626

Boden mit Zuckerzusatz:

	Gerstenboden mg N	Senfboden mg N	Erbsenboden mg N
Zu Beginn . .	52.086	50.794	57.480
Nach 46 Tagen .	54.978	52.960	68.028
„ 92 „ .	57.598	57.850	68.552

Wenn wir zunächst einmal die ohne Zuckerzusatz gelassenen Böden betrachten, welche also ausser den ursprünglich im Boden vorhandenen Verbindungen, als organische Substanz nur die Wurzeln der betreffenden Pflanzen enthielten, so sehen wir, dass in keinem Falle eine Stickstoffzunahme stattgefunden hat. Vielmehr können wir überall einen geringen Stickstoffverlust konstatieren. Bei dem Gerstenboden und Senfboden ist derselbe allerdings so gering, dass er als innerhalb der Fehlergrenzen liegend bezeichnet werden muss. Etwas deutlicher tritt er bei dem Erbsenboden, welcher ursprünglich einen etwas höheren Stickstoffgehalt aufwies, zu Tage. Ob es sich dabei um Denitrifikationserscheinungen handelt, der Erbsenboden war auch am reichsten an Salpeter, oder um schnelle Zersetzung des früher assimilierten Stickstoffs, darüber lässt sich bestimmtes nicht aussagen.

Aus den mitgeteilten Zahlen ergibt sich also das Resultat, dass unter dem Einfluss der Senfwurzeln eine Stickstoffzunahme in dem mit Senf bebaut gewesenen Boden nicht eingetreten ist.

Anders gestalten sich die Verhältnisse in den mit Zucker versetzten Böden. Wir können hier zunächst bei allen Böden eine Stickstoffzunahme beobachten, ein Beweis, dass in allen Böden stickstoffsammelnde Organismen vorhanden waren.

Hinsichtlich der Grösse der Stickstoffassimilation verhalten sich die Böden aber recht verschieden.

Es war an Stickstoff gesammelt pro 100 g Boden:

	Nach 46 Tagen	Nach 92 Tagen
Gerstenboden	(54.928 — 53.470) = 1.458 mg	(57.598 — 50.712) = 6.886 mg.
Senfboden .	(52.960 — 49.728) = 3.232 „	(57.950 — 48.818) = 9.132 „
Erbsenboden	(68.028 — 51.676) = 16.402 „	(68.552 — 53.626) = 14.926 „

Diese Zahlen lassen erkennen, dass die grösste Stickstoffassimilation in dem Erbsenboden stattgefunden hat, und dass

dagegen die Stickstoffzunahme der übrigen Boden sehr zurücktritt. Keineswegs also zeichnet sich auch unter diesen Verhältnissen, wo den Mikroorganismen eine geeignete Energiequelle zur Verfügung stand, der Senfboden vor den übrigen Boden durch seine Stickstoffassimilationskraft aus.

Die gewonnenen Versuchsergebnisse sprechen demnach nicht dafür, dass der weisse Senf die Stickstoffassimilation im Boden in besonderem Maſse zu fördern imstande ist. Die Stickstoffzunahme in dem Erbsenboden ist keineswegs anormal hoch. Setzen wir sie in Beziehung zu dem zugesetzen Zucker, dessen Menge 2 g pro 100 g Boden betrug, so finden wir, dass auf 1 g Zucker im Mittel 8.35 mg Stickstoff assimiliert worden sind, während A. Koch[1]) bei seinen Untersuchungen fand, dass im Boden auf 1 g zugesetzten Zuckers bis zu 10 mg Stickstoff assimiliert wurden. Inwieweit die geringe Stickstoffbindung der übrigen mit Zucker versetzten Böden etwa auf ihre schlechtere physikalische Beschaffenheit in den ersten Tagen des Versnchs zurückzuführen ist, werden wir durch weitere Versuche zu ermitteln suchen. Sollte sich auch bei weiteren Untersuchungen Boden, welcher Leguminosen getragen hat, den übrigen Böden hinsichtlich der Stickstoffbindung überlegen zeigen, so würde es angebracht sein, weiter zu untersuchen, ob es möglich ist, den Zucker durch eine pracktisch in Frage kommende Kohlenstoffquelle zu ersetzen.

Analytische Belege.

Anaylsierung der Bodenproben zu Anfang des Versuchs.

a) Bestimmung der Feuchtigkeit der getrockneten Bodenproben.

Gerstenboden	0.223 % H_2O	
	0.247 „ „	0.235 % H_2O.
Senfboden	0.260 % H_2O	
	0.260 „ „	0.260 % H_2O.
Erbsenboden	0.317 % H_2O	
	0.292 „ „	0.305 % H_2O.

---

[1]) A. Koch, Mitteilungen der D. L.-G. 1907, Stück 12.

b) Bestimmung des Stickstoffgehaltes des Bodens.

Angewandt je 50 g Boden:

	Gerstenboden mg N	Senfboden mg N	Erbsenboden mg N
Gefunden NH_3-Stickstoff	1.266	2.040	2.110
	1.337	1.829	1.529
	1.266	1.829	1.688
	1.407	1.688	1.688
Mittel:	1.319	1.847	1.829
Wasserfrei berechnet	1.322	1.852	1.835
Gefunden N_2O_5-Stickstoff	2.321	2.321	3.447
	2.181	2.321	3.447
	1.970	2.321	3.517
	1.759	2.462	—
Mittel:	2.058	2.356	3.470
Wasserfrei berechnet	2.063	2.362	3.481

	Gerstenboden g	Senfboden g	Erbsenboden g
Gefunden Gesamt-Stickstoff	0.025042	0.024128	0.029192
	0.026238	0.024268	0.028700
	0.025042	0.024409	0.028700
	0.028067	0.024831	0.028911
	0.028238	0.025605	0.028981
	0.025042	0.025957	0.029755
	0.024620	0.026590	0.027926
	0.024268	0.026731	0.027293
	0.027545	0.025816	0.028418
	0.026449	0.024972	—
	0.025253	—	—
Mittel:	0.025982	0.025331	0.028653
Wasserfrei berechnet in mg N	26.043	25.397	28.740

Analysierung der Bodenproben nach 46 Tagen Versuchsdauer.

a) Bestimmung der Feuchtigkeit der getrockneten Bodenproben.

Gerstenboden	0.292 % H_2O	
	0.322 „ „	0.307 % H_2O.
Senfboden	0.300 % H_2O	
	0.330 „ „	0.315 % H_2O.
Erbsenboden	0.363 % H_2O	
	0.379 „ „	0.371 % H_2O.

Gerstenboden — Zucker	0.325 % H_2O	
	0.320 „ „	0.323 % H_2O.
Senfboden — Zucker	0.304 % H_2O	
	0.319 „ „	0.312 % H_2O.
Erbsenboden — Zucker	0.405 % H_2O	
	0.395 „ „	0.400 % H_2O.

Rohrzucker angewandt je 5 g:

Gefunden Gesamt-Stickstoff	1.193 mg N.
	1.011 „
	0.866 „
Mittel:	1.023 mg N.
Folglich sind in Rohrzucker enthalten	0.204 „

b) Bestimmung des Stickstoffgehaltes in den Bodenproben ohne Zucker.

Angewandt je 50 g Boden:

	Gerstenboden mg	Senfboden g	Erbsenboden g
Gefunden Gesamt-Stickstoff	0.023 247	0.023 749	0.024 826
	0.023 534	0.022 314	0.025 974
	0.023 965	0.022 171	0.026 619
	0.024 108	0.026 548	0.025 400
	0.026 189	0.026 332	0.023 391
	0.026 835	0.026 189	0.024 395
	0.026 906	0.023 247	0.024 539
	0.029 202	0.027 678	0.026 548
	0.030 422	0.029 992	0.027 265
	0.032 144	0.025 113	0.027 265
	—	0.023 319	0.027 983
Mittel:	0.026 655	0.024 787	0.025 717
Wasserfrei berechnet in mg N	**26.735**	**24.864**	**258.13**

In den Bodenproben mit Zucker:

	Gerstenboden mg	Senfboden g	Erbsenboden g
Gefunden Gesamt-Stickstoff	0.027 265	0.024 539	0.032 288
	0.026 763	0.025 113	0.032 790
	0.027 122	0.025 471	0.033 723
	0.027 050	0.026 261	0.024 153
	0.028 341	0.026 332	0.032 862
	0.026 332	0.026 548	0.032 431
	0.027 365	0.026 691	0.031 570
	0.028 270	0.027 122	0.034 871
	0.025 543	0.026 045	0.043 871
	0.026 906	0.026 548	0.035 158
	0.026 691	—	0.032 646
Mittel:	0.027 050	0.026 067	0.033 397
Wasserfrei berechnet nach Abzug von 0.204 mg N für 1 g Zucker in mg N. .	27.693 — 0.204 = **27.489**	26.684 — 0.204 = **26.480**	34.218 — 0.204 = **34.014**

Analysierung der Böden nach 2 × 46 Tagen Versuchsdauer.

a) Bestimmung der Feuchtigkeit der getrockneten Bodenproben.

Gerstenboden	0.306 % H_2O	
	0.314 „ „	0.310 % H_2O.
Senfboden	0.312 % H_2O	
	0.244 „ „	0.278 % H_2O.
Erbsenboden	0.307 % H_2O	
	0.310 „ „	0.309 % H_2O.
Gerstenboden + Zucker	0.274 % H_2O	
	0.250 „ „	0.262 % H_2O.
Senfboden + Zucker	0.292 % H_2O	
	0.259 „ „	0.276 % H_2O.
Erbsenboden + Zucker	0.245 % H_2O	
	0.246 „ „	0.246 % H_2O.

b) Bestimmung des Stickstoffs in den Bodenproben ohne Zucker.

Angewandt je 50 g Böden:

	Gerstenboden	Senfboden	Erbsenboden
	g	g	g
Gefunden Gesamt-Stickstoff	0.026691	0.025830	0.025615
	0.026548	0.024754	0.025830
	0.026548	0.024467	0.026045
	0.025974	0.024897	0.026189
	0.025615	0.024969	0.026548
	0.024036	0.024395	0.026691
	0.024754	0.024539	0.027265
	0.024395	0.023965	0.027265
	0.024252	0.023893	0.027265
	0.023965	0.023606	0.027337
	—	0.023534	0.027983
	—	0.023247	—
Mittel:	0.025278	0.024341	0.026730
Wasserfrei berechnet in mg N	25.356	24.409	26.813

c) Bestimmung des Stickstoffs in den Bodenproben mit Zucker.

	Gerstenboden	Senfboden	Erbsenboden
	g	g	g
Gefunden Gesamt-Stickstoff	0.027480	0.028557	0.032001
	0.027480	0.027983	0.032288
	0.028126	0.028126	0.033579
	0.028126	0.028198	0.034440
	0.028126	0.028557	0.033220
	0.028557	0.029705	0.033938
	0.028413	0.030063	0.034081
	0.028915	0.029274	0.034081
	0.028126	0.027552	0.035301
	0.030135	0.027122	0.034440
	—	—	0.034010
	—	—	0.033005
Mittel:	0.028348	0.028514	0.033699
Wasserfrei berechnet nach Abzug von 0.204 mg für 1 g Zucker in mg N. .	29.003 — 0.204 = 28.799	29.179 — 0.204 = 28.975	34.478 — 0.204 = 34.276

Personalien.

Der Agronom der Kgl. landwirtschaftlichen Versuchs-Station zu Möckern, Prof. J. Hazard, ist am 3. Juni 1908 gestorben.

Mitteilung aus der landw. Versuchsstation Darmstadt und dem Laboratorium für allgemeine Botanik und Pflanzenphysiologie der Universität Zürich.

(Direktion: Prof. Dr. ALFRED ERNST.)

Versuche über den Einfluss verschiedener Ernährungsverhältnisse auf den Verlauf der Nährstoffaufnahme und den morphologischen Bau der Pflanze.

Von

MAX WAGNER.

Einleitung.

Die vorliegende Arbeit soll Aufschluss über den Einfluss verschieden starker Düngungen auf den zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme, auf das Verhältnis zwischen oberirdischer Substanz und Wurzelmasse und auf die Mengen der während der verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanzen aufgenommenen und zur Zeit der Reife gewonnenen Nährstoffe geben.

Es liegen einige ältere Arbeiten über einen Teil dieser Fragen vor. Aber sie haben nicht zu klarem Aufschluss geführt.

LIEBSCHER[1]) kommt auf Grund eines umpfänglichen Literaturmaterials und auf Grund eigener Versuche zu dem Schluss, dass der langsamere oder schnellere Verlauf der Nährstoffaufnahme das Düngebedürfnis einer Pflanze vorwiegend mitbedingt.

L. HECKE[2]) hat Versuche mit Kartoffeln ausgeführt und hat gefunden, dass die Kartoffel während ihrer ganzen Vegetations-

---

[1]) Journal für Landwirtschaft 1887, S. 335. „Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre."

[2]) Journal für Landwirtschaft 1895, S. 285. „Über den Verlauf der Nährstoffaufnahme bei verschiedenen Düngungen."

dauer ein ziemlich gleichbleibendes Bedürfnis für Kali, Phosphorsäure und Stickstoff zeigt, wenngleich während der ersten Zeit der Entwicklung das Bedürfnis für Stickstoff und später das für Kali etwas in den Vordergrund tritt. Hecke bemerkt:

„Die allgemeine Charakteristik des Verlaufs der Nährstoffaufnahme wird durch die geringen Einflüsse der Düngung nicht aufgehoben, so dass der Verlauf der Nährstoffaufnahme als eine konstante Eigentümlichkeit der Pflanze angesehen werden muss und somit als eine Ursache des verschiedenen Düngebedürfnisses unserer Kulturpflanzen aufzufassen ist."

Remy[1]) kommt bei seinen Versuchen zu dem Ergebnis, dass gewisse Gesetzmässigkeiten in dem Verlauf der Stoffaufnahme, bezw. gesetzmässige Beziehungen zwischen dieser und der Trockensubstanzproduktion des Roggens bestehen. Durch Düngung wird die Trockensubstanzbildung und die Stoffaufnahme sowie die Beziehung zwischen beiden verhältnismässig wenig berührt. Einen viel weitergehenden Einfluss als die Düngung übt die Jahreswitterung auf den Verlauf der Stoffaufnahme aus.

J. Adorjan[2]) hat Versuche mit Weizen ausgeführt und gefunden, dass der Weizen die Nährstoffe nicht gleichmässig mit der Zunahme an Trockensubstanz aufnimmt, sondern in der Jugend ein grösseres Nährstoffbedürfnis als in späteren Perioden zeigt. Das Bedürfnis für Stickstoff, in geringerem Grade auch für Phosphorsäure, ist bei Roggen in der Jugend grösser als in späteren Entwicklungsstadien.

von Seelhorst und Tucker[3]) haben Versuche mit Hafer ausgeführt, um den Einfluss des Nährstoffgehalts und des Wassergehalts des Bodens auf die Ausbildung von Wurzel und Spross zu bestimmen. Sie folgern aus ihren Versuchen: Hoher Wassergehalt im Boden vermindert das Wurzelgewicht, hoher Nährstoffgehalt vermehrt es. Der Ertrag an oberirdischer Substanz wird durch hohen Wasser- und Nährstoffgehalt des Bodens gesteigert, und zwar in höherem Grade als der Ertrag an Wurzelsubstanz. „Die Düngung wirkt also deutlich arbeitsersparend im Lebens-

---

[1]) Journal für Landwirtschaft 1896, S. 31. „Der Verlauf der Stoffaufnahme und das Düngebedürfnis des Roggens."

[2]) Journal für Landwirtschaft 1902, S. 193. „Die Nährstoffaufnahme des Weizens."

[3]) Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie 1899, S. 269 und Journal für Landwirtschaft 1898, S. 52.

prozess der Pflanze.“ Bei weiteren Versuchen [1]) fanden sie, dass die Pflanzen durch starke Düngung nicht nur zur stärkeren Bewurzelung veranlasst werden, sondern dass die Wurzeln auch in tiefere Schichten eindringen und die Pflanze sich dadurch gegen Trockenheit schützt.

Kraus [2]) ist der Ansicht, dass zwischen Spross und Wurzelsystem Wechselbeziehungen bestehen. Unabhängig von der Funktion der Nahrungsaufnahme üben die Wurzeln einen auf inneren Ursachen beruhenden, fördernden Einfluss auf das Wachstum der oberirdischen Teile aus. Kraus folgert, dass erst bei genügender Entfaltung der Wurzel die Entwicklung des Stengels sozusagen ausgelöst wird.

Deherain [3]) schliesst aus seinen Versuchen, dass Pflanzen, die in nährstoffarmem Boden wachsen, viel Wurzeln bilden, die nach Nahrung suchen; reichlich ernährte Pflanzen entwickeln ein weniger ausgebildetes Wurzelsystem.

Hellriegel, [4]) Haberland, [5]) Garola [6]) und Nowacki [7]) haben übereinstimmend festgestellt, dass im ersten Stadium der Pflanzenentwicklung die Ausbildung der Wurzeln erheblich stärker ist als die der oberirdischen Organe.

Wilfarth, Römer und Wimmer haben vor kurzem, und zwar nach Abschluss der hier zu besprechenden Versuche, [8]) im Heft 1, Band 63 der „Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen“, ausgegeben am 23. Oktober 1905, eine Arbeit veröffentlicht, die auf Grund eingehender Versuche und umfänglichen analytischen Materials die Frage der „Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums“ behandelt und zu wichtigen Ergebnissen geführt hat.

---

[1]) Journal für Landwirtschaft 1902, S. 105.

[2]) Wollny, Forschungen auf dem Gebiet der Agrikulturphysik, Bd. 15, S. 234.

[3]) Fühling 1894, S. 584.

[4]) Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus S. 118.

[5]) Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie, Bd. 9, S. 93 und Zentralblatt für Botanik, Bd. 18.

[6]) Ebenda Bd. 21, S. 117.

[7]) Getreidebau, Berlin 1900.

[8]) Die hier zu besprechenden Versuche wurden im Sommer 1904 und 1905 ausgeführt.

Von den Verfassern wurden Feldversuche mit Gerste, Sommerweizen und Hafer, auch Gefässversuche mit Gerste, Erbsen, Kartoffeln und Senf ausgeführt. Die Pflanzen, und zwar die ober- und unterirdische Substanz, wurden in 4 bezw. 5 verschiedenen Vegetationsstadien geerntet und die Ernteprodukte auf ihren Gehalt an Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Natron untersucht. Auch der Gehalt an Stärke bezw. der Gesamt-Kohlehydrate wurde festgestellt.

Das Hauptresultat der Feldversuche besteht darin, dass bei Gerste und Sommerweizen die Mengen der von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe ihr Maximum in einem Entwicklungsstadium der Pflanzen erreicht haben, welches vor dem Vegetationsabschluss liegt. Zur Zeit der völligen Reife der Pflanzen waren in oberirdischer Substanz und Wurzelmasse weniger Nährstoffe enthalten als in einem früher liegenden Entwicklungsstadium. Verschieden hiervon verhielt sich die Kartoffel. Bei der Kartoffel stieg der absolute Gehalt der Nährstoffe bis zur Reife der Pflanzen.

Bezüglich der Stickstoffaufnahme bei Hafer und Sommerweizen war folgendes gefunden. Die grössten Stickstoffmengen fanden sich in demjenigen Entwicklungsstadium vor, in welchem die Körnerbildung eben begann. (2. Erntenahme.) Von da an nahm die Stickstoffmenge bis zur Reife ab. Es musste sich also ein Teil aufgenommenen Stickstoffs verflüchtigt haben oder in den Boden zurückgewandert sein. In gleicher Weise verlief die Aufnahme des Kalis. Auch hier ergab die 2. Erntenahme die höchste Menge von Kali. Bei der letzten Erntenahme war der Kaligehalt erheblich geringer. Auch bezüglich der Natronaufnahme war Ähnliches festzustellen. Weniger deutlich liessen sich die gleichen Verhältnisse für Phosphorsäure beobachten.

Ganz anders verhielt sich, wie gesagt, die Kartoffel. Die höchsten Mengen an Phosphorsäure, Kali und Stickstoff waren zur Zeit der Reife, also bei der letzten Erntenahme, vorhanden.

Die bei Feldversuchen gewonnenen Ergebnisse wurden durch Gefässversuche bestätigt. Auch hier zeigte sich bei Gerste, Erbsen und Senf mit zunehmender Reife ein Rückgang des absoluten Nährstoffgehaltes, bei Kartoffeln dagegen nicht.

Die Ergebnisse ihrer Arbeit haben die Verfasser in folgenden Sätzen niedergelegt.

„1. Die Nährstoffaufnahme vollzog sich bei den verschiedenen Pflanzenarten nicht gleichmässig.

Während Gerste, Sommerweizen, Erbsen und Senf das Maximum der Nährstoffe schon etwa zur Zeit der Blüte und des beginnenden Fruchtansatzes aufgenommen hatten, wurde bei den Kartoffeln dieses Maximum erst in der letzten Ernte erreicht.

2. Die von Gerste, Sommerweizen, Erbsen und Senf im Maximum aufgenommenen, hier durch die Analyse bestimmten Nährstoffmengen verblieben in dieser Menge nicht dauernd in den Pflanzen. Mit Ausnahme der Phosphorsäure wanderte ein mehr oder weniger grosser Teil der Nährstoffe, wenn die Pflanzen ihrer Reife entgegengingen, in den Boden zurück.

3. Diese Rückwanderung schien von der Menge der in den Pflanzen zur Verfügung stehenden Nährstoffe abhängig zu sein. Bei Mangel eines Nährstoffes (hier nur für Kalimangel festgestellt) war die Rückwanderung relativ grösser als bei voller Ernährung.

4. Bei Kartoffeln fand eine Rückwanderung in den Boden nicht statt.

5. Das im ganzen erzeugte Trockengewicht nahm bei allen Pflanzen bis zur Reife zu, es sei denn, dass durch den Mangel eines Nährstoffes dem Wachstum schon früher Einhalt getan wurde.

6. Die erzeugte Stärkemenge nahm unter allen Umständen bei allen Pflanzen, mit Ausnahme des Senfes, bei welchem in den Körnern die Stärke durch Fett ersetzt wird, bis zur Reife der Früchte zu."

I. Versuche vom Sommer 1904.

Versuchsplan.

Um über die in der Einleitung genannten Fragen Aufschluss zu erhalten, mussten Versuche in Vegetationsgefässen mit verschiedenen Kulturpflanzen ausgeführt werden. Der zu verwendende Boden musste so arm an aufnehmbaren Nährtsoffen sein, dass die Kulturpflanzen in dem ihnen zur Verfügung gestellten Bodenquantum Mangel litten, bezw. fähig waren, die ihnen gebotene Düngung zu verarbeiten. Es musste ferner die bei den Kulturen entstehende Wurzelmasse und die oberirdische Pflanzenmasse in verschiedenen Stadien der Pflanzenentwicklung geerntet werden. Es mussten endlich, um ein Urteil über die Genauigkeit der

Ergebnisse zu erhalten und um durch Mittelberechnung eine möglichste Ausgleichung der Fehler zu erzielen, Parallelversuche ausgeführt werden.

Dies erwägend, wurde folgender Versuchsplan aufgestellt:

Versuch 1. Volldüngung, bestehend aus:
1 g Phosphorsäure,
1 „ Kali,
1 „ Stickstoff.

Versuch 2. Volldüngung ohne Phosphorsäure.
„ 3. „ „ Stickstoff.
„ 4. „ mit doppelter Stickstoffgabe.

In tabellarischer Aufstellung würde der Plan wie folgt sein.

Auf das Gefäss zu geben:

Nummer des Versuches	Phosphorsäure g	Kali g	Stickstoff g
1	1	1	1
2	—	1	1
3	1	1	—
4	1	1	2

Jeder Versuch wurde mit 4 verschiedenen Kulturpflanzen (Buchweizen, Senf, Hafer und Gerste) ausgeführt und die Ernte der Pflanzen in 4—5 verschiedenen Entwicklungsstadien bei je zwei Parallelversuchen vorgenommen.

Die Ausführung der Versuche.

a) Die Vegetationsgefässe.

Zu den Versuchen dienten Wagnersche Vegetationsgefässe, das sind zylindrische Gefässe aus Zinkblech von verschiedener Grösse. Die für unsere Versuche gewählten Gefässe hatten einen Durchmesser von 20 cm und eine Höhe von 20 cm; diese Grösse wurde gewählt, um eine möglichst verlustfreie Gewinnung aller Wurzeln zu ermöglichen, denn die ohnedies nicht leicht aus-

Diese Versuchsmethode ist näher beschrieben:

P. Wagner, Journal für Landwirtschaft 1880; Landw. Jahrbücner 1883 und „Die Stickstoffdüngung", Berlin 1892.

E. Solberg, „Die Bedeutung der Wagnerschen Methode der Vegetationsversuche", Leipzig 1892.

zuführende, sorgfältige Auswaschung der Wurzeln aus dem Boden würde bei Verwendung einer grösseren Erdmasse nicht ohne Vermeidung von Verlusten von Wurzelteilchen möglich gewesen sein.

Die Gefässe ruhten auf 5 cm hohen eisernen Füssen und wurden auf eisernen Wagen aufgestellt, die auf Schienengleisen, welche aus einer Glashalle ins Freie führten, fortbewegt werden konnten. Die helle und luftige Glashalle diente zum Schutze der Pflanzen gegen etwa eintretenden allzu heftigen Regen, Sturm oder Frost.

b) Der verwendete Boden.

Der benutzte Boden, einem Acker der Gemarkung Reinheim im Odenwald entnommen, war arm an Phosphorsäure und Stickstoff. Eine Mittelprobe des Bodens wurde nach der von P. Wagner in Heft 80 der Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Seite 41—43 beschriebenen Methode untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung waren:

77 % Staub } 91 % Feinerde.
14 „ Feinsand }
6 „ Grobsand,
3 „ Kies.

In der Erde waren enthalten:

0.41 % kohlensaurer Kalk,
0.072 „ Stickstoff,
0.103 „ Phosphorsäure,
0.186 „ Kali.

c) Die Düngung.

Der Düngungsplan ist oben angegeben. Die Nährstoffe wurden in folgender Form gegeben:

1 g Kali in Form von 1.85 g reinem, schwefelsaurem Kali,
1 „ Phosphorsäure in Form von 5.64 g Superphosphat mit 17.73 % löslicher Phosphorsäure,
1 „ Stickstoff in Form von 2.87 g reinem Ammonnitrat.
2 „ „ „ „ „ 5.74 „ „ „

d) Das Füllen der Gefässe, die Düngung und die Einsaat.

Auf den Boden des Vegetationsgefässes wurden zunächst 0.6 kg gesiebten Reinsandes gebracht, welche eine Schicht von ungefähr $2^1/_2$ cm bildeten. Dann wurde das Gefäss wie folgt beschickt: 6 kg normalfeuchten (8 % H_2O), durch ein Sieb von

5 mm Maschenweite gebrachten Bodens wurden in ein geräumiges Blechgefäss geschüttet und sorgfältig mit den abgewogenen Düngemitteln durchmischt, dann mit Hilfe eines trichterförmigen Aufsatzes in das Vegetationsgefäss gebracht und hier gleichmässig angedrückt. Nachdem dies geschehen, wurde die Erde mit $^3/_4$ l Wasser begossen und die nasse Erdschicht mit 0.2 kg Erde bedeckt. Diese Erdschicht wurde, ohne sie anzudrücken, gleichmässig ausgebreitet, und auf solche Weise ein gut durchfeuchtetes, lockeres, von der Luft ungehindert durchstreichbares Saatbeet hergestellt. Die abgezählten, bezw. abgewogenen Samenkörner wurden jetzt ausgestreut, gleichmässig verteilt, vorsichtig angedrückt und darauf mit 0.3 kg Erde gleichmässig bedeckt. Das Gesamtgewicht der eingefüllten Erde betrug jetzt 6.5 kg. Das Einfüllen der Erde und die Einsaat geschah am 21. Juli 1904, und an Saatgut wurden folgende Mengen für das Gefäss verwendet:

30 Körner Hafer,
30 „ Gerste,
1.5 g Buchweizen,
0.5 „ weisser Senf.

e) Die Wasserversorgung der Pflanzen während der Vegetationsdauer.

Die Zuführung von Wasser gehört zu den Maſsnahmen, die eine sorgfältige und genaue Ausführung verlangen. Sie muss so geregelt werden, dass weder ein nachteiliger Wasserüberschuss, noch ein grosser, allzu lange anhaltender, die Pflanzenentwicklung schädigender Wassermangel eintritt. Die Zuführung von Wasser muss also dem täglichen Verbrauch möglichst angepasst werden, und um diesen Verbrauch festzustellen, wurden die Gefässe täglich gewogen. Die Differenz des von einem Tag zum andern festgestellten Gewichtes gab die verbrauchte Wassermenge an, und diese wurde dem Boden unmittelbar nach der Wägung ersetzt.

f) Die Gewinnung der Wurzelmasse und der oberirdischen Substanz.

Die oberirdischen Pflanzenteile wurden sorgfältig und zwar direkt über der Bodenoberfläche abgeschnitten und zum Abtrocknen an der Luft auf ein Sieb gelegt. Das Vegetationsgefäss wurde darauf in einen mit Wasser gefüllten Behälter gestellt und solange darin stehen gelassen, bis die Erde vollkommen durchnässt war. Aus dem so vorbereiteten Gefäss löste sich der

Erdballen beim Umstülpen des Gefässes leicht und unversehrt heraus. Der Erdballen wurde auf ein Sieb gebracht, das Sieb in einen mit Wasser gefüllten Behälter getaucht und durch behutsames Auf- und Abbewegen die Erde von den Wurzeln abgespült. Gegen Ende dieser Operation wurden die Wurzeln auf ein kleineres, sehr feinmaschiges Sieb gebracht und unter fliessendem Wasser vom letzten Rest des anhängenden Bodens befreit. Den Wurzeln noch anhaftende kleine Steinchen wurden mit der Pinzette herausgelesen, und die Wurzeln blieben dann bis zur Trockensubstanzbestimmung auf dem Sieb.

g) Bestimmung der Trockensubstanz der geernteten Pflanzenmasse.

Die Ernteprodukte wurden in einen nach dem System der Geisenheimer Wanderdörre von der Versuchsstation Darmstadt konstruierten Trockenapparat gebracht. Nachdem sie trocken waren und man sie noch mehrere Stunden einer konstanten Temperatur von 100 ° C. ausgesetzt hatte, wurde ihr Gewicht bestimmt. Zur Kontrolle wurde die Substanz dann nochmals 2—3 Stunden in den Trockenapparat gebracht und wieder gewogen. Hatte keine Gewichtsveränderung zwischen der 1. und 2. Wägung stattgefunden, so wurde die Operation als beendet angesehen und das Gewicht der Trockensubstanz notiert.

Ergebnisse der Versuche.

In den Tabellen 1—4 im Anhange finden sich die Ergebnisse zusammengestellt.

Aus den zusammengestellten Zahlen ergibt sich folgendes:

1. Wenn an der Volldüngung (Versuch 1) der Stickstoff fehlte (Versuch 3), so sank der Ertrag an Pflanzenmasse

bei Senf von	51.33	g auf	6.48	g.
„ Buchweizen von . .	91.88	„ „	8.18	„
„ Gerste von	111.20	„ „	12.76	„
„ Hafer von	94.55	„ „	11.95	„

2. Wenn an der Volldüngung (Versuch 1) die Phosphorsäure fehlte (Versuch 2), so sank der Ertrag an Pflanzenmasse

bei Senf von	51.33	g auf	25.53	g.
„ Buchweizen von . .	91.88	„ „	72.93	„
„ Gerste von	111.20	„ „	43.03	„
„ Hafer von	94.55	„ „	46.23	„

Es ist bemerkenswert, dass der weisse Senf im Vergleich zu Buchweizen, Gerste und Hafer sowohl bei stickstofffreier als auch bei phosphorsäurefreier Düngung weitaus die geringste Menge an organischer Substanz erzeugt hat.

3. Wenn Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe (Versuch 4) gegeben wurde, so stieg der Ertrag im Vergleich zu Volldüngung mit einfacher Stickstoffgabe

bei Senf von	51.33	g auf	67.55	g.
„ Buchweizen von . .	91.88	„ „	119.20	„
„ Gerste von	111.20	„ „	123.83	„
„ Hafer von	94.55	„ „	106.93	„

4. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Pflanzen hat sowohl die Erzeugung von oberirdischer Pflanzensubstanz als auch die der Wurzelmasse sich gesteigert.[1]) Die Erzeugung von oberirdischer Pflanzenmasse aber hat sich erheblich mehr gesteigert als die der Wurzelmasse. Setzt man den Ertrag an Wurzelmasse gleich 100, so berechnen sich für den Ertag an oberirdischer Pflanzensubstanz folgende Zahlen:

Senf	bei der ersten Erntenahme	bei der letzten Erntenahme
starke Stickstoffdüngung	302	485
schwache Stickstoffdüngung	200	560
ohne Stickstoffdüngung.	93	270
ohne Phosphorsäurédüngung	125	226
Buchweizen		
starke Stickstoffdüngung	260	516
schwache Stickstoffdüngung	308	379
ohne Stickstoffdüngung.	123	284
ohne Phosphorsäuredüngung	140	378
Gerste		
starke Stickstoffdüngung	106	360
schwache Stickstoffdüngung	108	460
ohne Stickstoffdüngung.	41	217
ohne Phosphorsäuredüngung	76	213

[1]) Die einzige Ausnahme hiervon findet sich bei Versuch 3 mit weissem Senf. Bei diesem Versuch war keine Stickstoffdüngung gegeben, der Senf hungerte ausnehmend stark nach Stickstoff. Bei der 1. Erntenahme (10. August) waren 2.73 g Wurzelmasse, bei der letzten Erntenahme (29. September) dagegen nur 1.75 g Wurzelmasse gebildet. Es ist wahrscheinlich, dass die stark hungernde Pflanze mit zunehmender Entwicklung organische Substanz aus den Wurzeln in die oberirdischen Teile der Pflanze hat wandern lassen, um einen möglichst günstigen, bis zur Bildung reifer Samen kommenden Vegetationsabschluss zu erzielen.

Hafer	bei der ersten Erntenahme	bei der letzten Erntenahme
starke Stickstoffdüngung	89	371
schwache Stickstoffdüngung	82	310
ohne Stickstoffdüngung.	56	106
ohne Phosphorsäuredüngung	70	189

5. Die Düngung ist von wesentlichem Einfluss auf das Verhältnis zwischen Wurzelmasse und oberidischer Substanz gewesen. Je reicher die Düngung, je gesättigter die Pflanzen waren, um so mehr ist der Spross-Ertrag im Vergleich zum Wurzel-Ertrag gesteigert worden. Setzt man den Wurzel-Ertrag gleich 100, so ist an oberirdischer Substanz geerntet worden:

a) Bei weissem Senf.

Im Mittel der verschiedenen Vegetationsstadien:

Bei Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe (Versuch 4) 416 g Erntesubstanz.
„ „ „ einfacher „ („ 1) 373 „ „
„ „ ohne „ („ 3) 166 „ „
„ „ „ Phosphorsäure („ 2) 169 „ „

b) Bei Buchweizen.

Im Mittel der verschiedenen Vegetationsstadien:

Bei Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe (Versuch 4) 419 g Erntesubstanz.
„ „ „ einfacher „ („ 1) 388 „ „
„ „ ohne „ („ 3) 201 „ „
„ „ „ Phosphorsäure („ 2) 306 „ „

c) Bei Gerste.

Im Mittel der verschiedenen Vegetationsstadien:

Bei Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe (Versuch 4) 221 g Erntesubstanz.
„ „ „ einfacher „ („ 1) 236 „ „
„ „ ohne „ („ 3) 92 „ „
„ „ „ Phosphorsäure („ 2) 122 „ „

d) Bei Hafer.

Im Mittel der verschiedenen Vegetationsstadien:

Bei Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe (Versuch 4) 253 g Erntesubstanz.
„ „ „ einfacher „ („ 1) 205 „ „
„ „ ohne „ („ 3) 77 „ „
„ „ „ Phosphorsäure („ 2) 141 „ „

Bei hungernden Pflanzen entstehen lange, nach Nahrung suchende Wurzelfasern und die Wurzelmasse vermehrt sich zuungunsten des Ertrags an oberirdischer Substanz. Bei gesättigten Pflanzen dagegen entsteht ein relativ kurzes, gedrungenes Wurzelnetz. Die Pflanze schränkt die Wurzelbildung ein, sie hat nicht nötig, Wurzeln auszusenden, um Nahrung zu suchen. Es wird relativ weniger Wurzelmasse und relativ mehr oberirdische Pflanzenmasse als bei hungernden Pflanzen erzeugt. Der Erfolg der Düngung wird also innerhalb gewisser Grenzen bei reichlichen Nährstoffgaben relativ grösser sein als bei geringen, da bei reichlichen Nährstoffgaben relativ mehr Nährstoff zur Bildung von oberirdischer Pflanzenmasse als zur Bildung von Wurzeln verwendet wird.

II. Versuche vom Jahre 1905.

Die im Jahre 1904 ausgeführten Versuche waren insofern unzureichend, als die Einsaat erst am 21. Juli erfolgt war und demgemäss keine reifen Pflanzen geerntet werden konnten. Die chemische Untersuchung der Ernteprodukte wurde daher unterlassen. Es wurde vorgezogen, im Sommer 1905 die Versuche in erweitertem Maſse zu wiederholen. Hafer, Gerste, Senf und Buchweizen wurden wieder als Versuchspflanzen gewählt, und sie wurden so zeitig eingesät, dass die Pflanzen vollkommen ausreifen konnten. Hafer und Gerste wurden bei der letzten Erntenahme in reifem Zustande gewonnen, so dass die Erntesubstanz in Stroh und Körner zerlegt werden konnte. Auch der Senf wurde reif geerntet, aber die Körnerbildung war so wenig gleichmässig ausgefallen, dass wir es vorzogen, Stroh und Körner nicht gesondert zu ernten, sondern die Samenkapseln mit Stengeln und Blättern zu vereinigen und alles sorgfältig miteinander zu vermahlen. Für Buchweizenkultur schien der Boden wenig geeignet zu sein. Die am 22. März gemachte Einsaat hatte durch Nachtfrost gelitten und konnte sich so schlecht davon erholen, dass wir uns entschliessen mussten, am 20. April die Gefässe auszuschütten, sie neu zu füllen, neu zu düngen und nochmals einzusäen. Aber auch diese 2. Aussaat entwickelte sich nicht so üppig, wie sie es hätte tun müssen, und der Körneransatz ging so langsam und so ungleichmässig vor sich, dass wir es für besser hielten, die Pflanzen grün zu ernten, um hinreichend gleichmässige Ergebnisse zu erzielen.

Die Ausführung der Versuche.

Bezüglich der Ausführung der Versuche, die genau so wie im Vorjahr geschah, sei auf die Seite 166—169 gegebenen Darlegungen verwiesen, die nur noch durch folgende Angaben zu ergänzen sind.

a) Der Boden.

Der zu den Versuchen verwendete Boden war einem in Bickenbach an der Bergstrasse gelegenem Acker entnommen, der aus sehr nährstoffarmem Sand bestand. Die Analyse[1]) ergab folgendes:

2 % Staub,
4 „ Feinsand,
80 „ Grobsand,
14 „ Kies.

In der Erde waren enthalten:

8.0 %	kohlensaurer Kalk	bezogen auf die in die Gefässe gefüllte Erde mit 8 % Feuchtigkeit.
0.028 „	Stickstoff	
0.074 „	Phosphorsäure	
0.069 „	Kali	

(Siehe die Tabelle auf S. 174.)

Die Phosphorsäure wurde überall in ganzer Menge bei der Einsaat gegeben. Von den Kalisalzen wurde das kieselsaure Kali bei der Einsaat, das schwefelsaure Kali und das 40 %ige Salz für Hafer, Gerste und Senf am 22. April, für Buchweizen am 20. Mai gegeben. Das Ammonnitrat wurde zur Hälfte bei der Einsaat, zur Hälfte für Hafer, Senf und Gerste am 22. April, für Buchweizen am 20. Mai gegeben.

Mit Hafer . . wurden die Versuche 1—9
„ Gerste . . „ „ „ 1—5
„ Senf. . . „ „ „ 1—7
„ Buchweizen „ „ „ 1—5 ausgeführt.

[1]) Die Analyse wurde nach der von P. Wagner, „Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 80, S. 41—43 beschriebenen und bei den Deutschen Landw. Versuchsstationen gebräuchlichen Methode ausgeführt.

b) Düngungsplan.

Nummer des Versuchs		Düngung auf das Gefäss: Phosphorsäure g	Kali g	Stickstoff g	Die Nährstoffe wurden in folgender Form gegeben: Phosphorsäure in Form von Superphosphat mit 17.72 % Phosphorsäure	Kali[1]) in Form von Kieselsaurem Kali mit 22.91 % Kali	Schwefelsaurem Kali mit 54.08 % Kali	40 % Stassfurter Kalisalz mit 44.33 % Kali	Stickstoff in Form von Ammonnitrat mit 34.61 % Stickstoff
1	Ungedüngt	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Volldüngung	1.0	1.5	1.5	5.64	3.27	0.69	0.85	4.33
3	„ ohne Phosphorsäure	—	1 5	1.5	—	3.27	0.69	0.85	4.33
4	„ „ Kali	1.0	—	1.5	5.64	—	—	—	4.33
5	„ „ Stickstoff	1.0	1.5	—	5.64	3.27	0.69	0.85	—
6	„ mit dopp. Phosphorsäuregabe	2.0	1.5	1.5	11.29	3.27	0.69	0.85	4.33
7	„ „ doppeltem Kali	1.0	3.0	1.5	5.64	6.55	1.39	1.69	4.33
8	„ „ „ Stickstoff	1.0	1.5	3.0	5.64	3.27	0.69	0.85	8.67
9	„ in doppelter Stärke	2.0	3.0	3.0	11.29	6.55	1.39	1.69	8.67

[1]) Das Kali wurde zu 50 % in Form von kieselsaurem Kali,
25 „ „ „ „ schwefelsaurem Kali,
25 „ „ „ „ 40 %igem Stassfurter Salz gegeben.

c) **Das Füllen der Gefässe, die Düngung, Einsaat und Erntenahme.**

Alle diese Arbeiten wurden in oben (Seite 167—169) beschriebener Weise ausgeführt. Für die Versuche dienten Vegetationsgefässe von derselben Grösse wie die im Sommer 1904 benutzten. Jedes Gefäss erhielt 7 kg Erde. Von Hafer und Gerste wurden in jedes Gefäss 30 Körner, vom Buchweizen 0.8 g und vom Senf 0.4 g Körner eingesät. Düngung und Einsaat geschah am 22. März, die zweite Einsaat des Buchweizens am 20. April.

Die Ernte wurde in vier verschiedenen Entwicklungsstadien genommen und zwar bei Hafer und Gerste:

1. Ernte am 9. Mai nach vollendeter Bestockung,
2. „ „ 29. „ bei beginnendem Schossen,
3. „ „ 25. Juni in der Blüte,
4. „ „ 13. Juli nach vollendeter Reife.

An denselben Daten wurde auch der Senf geerntet, während der erst später eingesäte Buchweizen am 10. Juni, 20. Juni, 1. Juli, und 12. August geerntet wurde.

d) **Die chemische Analyse der Erntesubstanz.**

Die zur Analyse bestimmten Erntesubstanzen wurden fein gemahlen und in fest verschlossene Gläser gebracht.

Die Untersuchung der Erntesubstanz (Bestimmung des Gehalts an Kali, Phosphorsäure und Stickstoff) wurde nach folgenden an der Versuchsstation Darmstadt gebräuchlichen und bewährt gefundenen Methoden vorgenommen.

Die Bestimmung des Kali.

20 g der bei 100 ° C. getrockneten Substanz versetzt man mit 5 ccm konzentrierter reiner Schwefelsäure und erhitzt in einer Platinschale mit kleiner Flamme, bis alle Schwefelsäure abgeraucht ist. Dann verascht man bei schwacher Rotglut, versetzt die Asche mit ungefähr 10 ccm konzentrierter Salzsäure und verdampft auf dem Wasserbade zur Trockne. Der Rückstand wird mit heissem Wasser in einen 200 ccm-Kolben gespült, zum Sieden erhitzt und mit soviel Bariumchlorid-Lösung versetzt, dass alle Schwefelsäure ausgefällt ist. Dann setzt man Barythydrat bis zur alkalischen Reaktion hinzu, lässt erkalten, füllt bis zur Marke auf, schüttelt um und filtriert. 100 ccm des

Filtrats bringt man in einen Kolben von 200 ccm Inhalt, füllt Ammoniumcarbonat-Lösung im Überschuss hinzu und lässt $^{1}/_{2}$ Stunde im Wasserbade bei etwa 90 ° C. stehen. Dann lässt man erkalten, füllt bis zur Marke auf, schüttelt um, filtriert und dampft 100 ccm des Filtrats in einer Platinschale zur Trockne. Aus dem Rückstand verjagt man das Ammonsalz durch gelindes Glühen. Der Rückstand wird dann in wenig heissem Wasser gelöst, in eine Platinschale filtriert, das Filter mit heissem Wasser ausgewaschen und das Filtrat zur Trockne verdampft. Dieser Rückstand wird dann nach der bekannten Platinmethode verarbeitet.

Die Bestimmung der Phosphorsäure.

Von Substanzen, die 1 % Phosphorsäure und mehr enthalten (z. B. Körner) werden 15 g, von Substanzen, die weniger als 1 % Phosphorsäure enthalten (z. B. Getreidestroh) werden 30 g in eine Platinschale gebracht, mit 10 ccm gesättigter Baryt-Lösung durchtränkt, getrocknet und bei mässiger Rotglut verascht. Die erkaltete und bei Gegenwart von viel kohlensaurem Salz mit etwas Wasser durchfeuchtete Asche wird vorsichtig (unter Bedeckung mit einem Uhrglase) mit 15 ccm Schwefelsäure von 75 Volumprozent versetzt und auf dem Drahtnetz bis zum Sieden erhitzt. Dann wird mit Wasser in einen 200 ccm-Kolben gespült, bis zur Marke aufgefüllt, umgeschüttelt und filtriert. Von dem Filtrat werden 100 ccm mit 50 ccm ammonikalischer Zitratlösung versetzt und nach dem Erkalten mit 25 ccm Magnesia-Mixtur 1 Stunde lang im Rührapparat ausgerührt.

Der Niederschlag wird dann auf aschefreiem Filter gesammelt, mit 2 % Ammoniak ausgewaschen, getrocknet und im Platintiegel zuerst über kleiner, darauf verstärkter Bunsenflamme bis zur vollständigen Veraschung der Filterkohle erhitzt, noch 2 Minuten lang im Rösslerofen geglüht, im Exsikator erkalten gelassen und gewogen.

Die ammonikalische Zitratlösung wird wie folgt bereitet:

200 g Citronensäure werden in 20prozentigem Ammoniak gelöst und bis zu 1 l mit 20 % Ammoniak aufgefüllt.

Die Magnesia-Mixtur wird wie folgt bereitet:

110 g kritallisiertes, reines Magnesiumchlorid und 140 g Chlorammonium werden in 1300 ccm Wasser gelöst und mit

700 ccm Ammoniakflüssigkeit von 8 $^0/_0$ Ammoniak versetzt. Nach mehrtägigem Stehen wird die Lösung filtriert.

Die Bestimmung des Stickstoffs.

Die Bestimmung des Stickstoffs geschieht nach der Gunnigschen Modifikation des Kjeldahl-Verfahrens. 2 g Substanz werden in ein Kölbchen gebracht, mit 30 ccm stickstofffreier konzentrierter Schwefelsäure unter Zusatz von etwas metallischem Quecksilber (ungefähr 1 g) bis zur Auflösung erhitzt, was in etwa 15 Minuten erreicht ist. Darauf werden 18 g Kaliumsulfat zugegeben und die Mischung wird weiter gekocht. Nachdem die Flüssigkeit farblos geworden ist, wird das Erhitzen noch weitere 15 Minuten fortgesetzt, und die aufgeschlossene Masse wird dann, nachdem man sie etwa 10 Minuten zur Seite gestellt hat, mit Wasser verdünnt, erkalten gelassen und in einen Destillierkolben von 1 l Inhalt gespült. Jetzt fügt man 120 ccm 30prozentiger Natronlauge und darauf 20 ccm 5prozentiger Schwefelkaliumlösung zu und destilliert unter Vorlage von 40 ccm Halbnormal-Schwefelsäure eine halbe Stunde. Durch die Titration mit Viertelnormal-Natronlauge wird der Stickstoff dann ermittelt.

Ergebnisse der Versuche.

In den Tabellen 1—22 im Anhange finden sich die Ergebnisse der Versuche zusammengestellt. Aus diesen lassen sich folgende Fragen beantworten:

1. Ist der Boden so arm an Phosphorsäure, Kali und Stickstoff gewesen, dass eine Düngung mit diesen Nährstoffen den Ertrag gesteigert hat?

Hierüber geben folgende Zahlen, die der Tabelle 1 entnommen sind, Aufschluss:

Bei ungedüngt ergab der Hafer reif geerntet . .	18.65	g Stroh + Körner.
Nach Volldüngung	158.41	„ „ + „
„ „ ohne Phosphorsäure	109.88	„ „ + „
„ „ „ Kali	110.90	„ „ + „
„ „ „ Stickstoff	17.03	„ „ + „
„ „ mit doppelter Phosphorsäure .	159.48	„ „ + „
„ „ „ doppeltem Kali	176.25	„ „ + „
„ „ „ „ Stickstoff . .	188.55	„ „ + „
„ doppelter Volldüngung	206.30	„ „ + „

Ähnliche Ergebnisse haben, wie man aus den Tabellen 2 bis 4 ersieht, die mit Gerste, Senf und Buchweizen ausgeführten Versuche ergeben.

Aus den Zahlen ergibt sich, dass der Boden arm genug an Phosphorsäure, Kali und Stickstoff gewesen ist, um jeden dieser drei Nährstoffe zu erheblicher Wirkung kommen zu lassen. Es ergibt sich ferner, dass die für Volldüngung gewählten Mengen von Phosphorsäure, Kali und Stickstoff noch nicht im Überschuss gegeben waren, denn bei vermehrter Gabe wurden die Erträge noch bedeutend gesteigert.

2. Hat sich der Ertrag an oberirdischer Substanz und an Wurzelmasse bis zur letzten Erntenahme gesteigert?

Über diese Frage geben die mit Hafer und Gerste ausgeführten Versuche, bei welchen völlig ausgereifte Pflanzen geerntet wurden, den besten Aufschluss. Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen 1, 2, 9 und 10 im Anhange zusammengestellt. Man erkennt deutlich, wie, je mehr die Pflanzen gehungert haben, um so früher und um so mehr die Erträge an oberirdischer Substanz und an Wurzelmasse gegen die Reife hin abnehmen.

Von der 3. bis zur 4. Erntenahme hat die Gesamterntemenge des Hafers

bei ungedüngt	um	19 %	abgenommen,
„ Volldüngung	„	11 „	„
„ „ ohne Phosphorsäure	„	12 „	„
„ „ „ Kali	„	6 „	„
„ „ „ Stickstoff	„	16 „	„
„ „ mit doppelter Phosphorsäuregabe	„	3 „	„
„ „ „ „ Kaligabe	„	4 „	zugenommen,
„ „ „ „ Stickstoffgabe	„	5 „	abgenommen,
„ doppelter Volldüngung	„	5 „	zugenommen.

Ferner bei Gerste:

bei ungedüngt	um	8 %	abgenommen.
„ Volldüngung	„	3 „	„
„ „ ohne Phosphorsäure	„	2 „	zugenommen,
„ „ „ Kali	„	2 „	abgenommen,
„ „ „ Stickstoff	„	8 „	„

(letztere 8 % von der 3.—4. Erntenahme).

Die Tatsache, dass gegen Ende der Vegetation die oberirdische Pflanzensubstanz sich vermindert hat, muss dem Umstande zugeschrieben werden, dass der durch Atmung entstehende Ver-

lust an Kohlenstoffverbindungen zuletzt grösser gewesen ist, als die Neubildung von organischer Substanz. Mit zunehmender Reife schwindet das Chlorophyll in den Blättern, und damit findet auch eine Abnahme der Kohlenstoffassimilation statt. Das Schwinden des Chlorophylls aber wird durch Stickstoffhunger in hervorragender Weise beschleunigt, und damit steht im Zusammenhang, dass, wie wir gesehen haben, die ohne Stickstoff-Düngung oder die ganz ohne Düngung gebliebenen Pflanzen weitaus am meisten organische Substanz bis zu ihrem letzten Vegetationsstadium verloren haben.

2. Wie stellt sich das Mengenverhältnis zwischen oberirdischer Substanz und Wurzelmasse bei den verschiedenen Kulturpflanzen je nach Düngung und Zeit der Erntenahme?

Über diese Frage geben die Tabellen 1—4 im Anhange Aufschluss. Die Tabellen geben die Verhältniszahlen in der Weise an, dass die jeweilig geerntete oberirdische Substanz gleich 100 gesetzt ist. Man erkennt, dass die verhältnismässig grösste Menge an Wurzelmasse beim Hafer und bei der Gerste gebildet ist, dann folgt der Senf und dann der Buchweizen. Dies stimmt auch mit der alten Erfahrung überein, dass der Hafer von den Getreidearten den Boden am intensivsten ausnutzt. Dies hat also seinen Grund in der verhältnismässig grossen Wurzelmasse im Vergleich zur oberirdischen Masse. Man erkennt ferner, dass die hungernden Pflanzen verhältnismässig mehr Wurzeln erzeugt haben als die gesättigten, und dass der überall sehr stark aufgetretene Stickstoffhunger die Pflanzen erheblich mehr zu verstärkter Wurzelbildung veranlasst hat, als der weniger stark aufgetretene Kali- und Phosphorsäurehunger. Die Pflanze bildet also bei Nährstoffmangel ein möglichst grosses Wurzelsystem aus, sie sichert damit ihre Exitenzfähigkeit auf armen Böden und sichert die Erhaltung der Art. Man erkennt endlich, dass in dem ersten Entwicklungsstadium der Pflanzen die Erzeugung von Wurzelmasse der Bildung von oberirdischer Substanz sehr erheblich überwiegt. Die Pflanze wird durch die verhältnismässig grosse Wurzelmasse in der Jugend in den Stand gesetzt, die im Boden gelösten Nährstoffe in reichlicherer Menge aufzunehmen, als es bei einem kleinen Wurzelsystem möglich wäre.

Aber trotz der relativen Abnahme der Wurzemasse und der stärkeren Entwicklung des Sprosses bei reichlicher Ernährung

bestehen doch zwischen Spross und Wurzel Wechselbeziehungen. Denn von Lemmermann[1]) ist es bewiesen, dass der Bodenraum an sich einen bestimmten Einfluss auf die Entwicklung der Pflanzen ausübt. Er fand, dass die Pflauzen in grösseren Gefässen einen höheren Ertrag erbrachten als in kleineren, obgleich ihnen in beiden ein Überschuss an Nährstoffen zur Verfügung gestellt war.

4. In welchem Mafse sind die Erträge an oberirdischer Substanz bei den verschiedenen Kulturpflanzen vermindert worden, wenn an der Volldüngung der Stickstoff oder die Phosphorsäure fehlte?

Dies zeigen folgende Berechnungen.

Setzt man den Mehrertrag, den die Volldüngnng bei der letzten Erntenahme im Vergleich zu ungedüngt erbracht hat, gleich 100, so wurde an Mehrertrag erhalten,

wenn an der Volldüngung die Phosphorsäure fehlte:

bei Hafer	62
„ Gerste	59
„ Senf	77
„ Buchweizen	66

wenn an der Volldüngung das Kali fehlte:

bei Hafer	68
„ Gerste	45
„ Senf	68
„ Buchweizen	86

wenn an der Volldüngung der Stickstoff fehlte:

bei Hafer	18
„ Gerste	3
„ Senf	1
„ Buchweizen	4

Hieraus erkennt man folgendes:

Am düngebedürftigsten für Phosphorsäure war Gerste, dann folgte Hafer, dann Buchweizen, dann Senf.

Am düngebedürftigsten für Kali war Gerste, dann folgten Hafer und Senf, dann Buchweizen.

Am düngebedürftigsten für Stickstoff war Hafer, dann folgte Buchweizen, dann Senf, dann Gerste.

---

[1]) Journal für Landwirtschaft 1903, S. 1. „Untersuchungen über den Einfluss eines verschieden grossen Bodenvolumens auf den Ertrag und die Zusammensetzung der Pflanzen.“

5. Wie hat sich der prozentische Gehalt der Erntesubstanz an Phosphorsäure, Kali und Stickstoff in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanzen gestellt?

Ein Blick auf die Tabellen 5 bis 8 lässt sofort erkennen, dass mit fortschreitender Entwicklung der Pflanzen der prozentische Nährstoffgehalt von Spross und Wurzel erheblich abgenommen hat. Ganz regelmässig hat eine bedeutende Abnahme des Nährstoffgehalts, besonders des Stickstoffgehalts, von der 1. bis zur 3. Erntenahme stattgefunden. Von der 2. bis zur 3. und von der 3. bis zur 4. Erntenahme ist die Abnahme nicht nur geringer, sondern es ist in einzelnen Fällen, besonders bei den Wurzeln, namentlich beim Buchweizen, eine Zunahme des prozentischen Nährstoffgehalts zu bemerken. Wir gehen auf diesen letzteren Umstand nicht näher ein, weil das vorliegende Material nicht ausreicht, diese Frage genauer zu prüfen.

6. Hat die Stärke der Düngung den prozentischen Gehalt der Pflanzenmasse an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure beeinflusst?

Auch auf diese Frage geben die Tabellen 5 bis 8 leicht zu übersehende Zahlen.

Wo an der Volldüngung die Phosphorsäure, oder das Kali, oder der Stickstoff fehlte, hat der prozentische Gehalt der oberirdischen Substanz und der Wurzeln an dem betreffenden Nährstoff überall sehr erheblich abgenommen. Er hat in gleicher Weise sehr erheblich zugenommen, wenn die Phosphorsäuregabe, oder die Kaligabe, oder die Stickstoffgabe erhöht wurde.

7. Ist die absolute Menge der in der Erntesubstanz enthaltenen Nährstoffe bis zur Reife der Pflanzen bezw. bis zur letzten Erntenahme gestiegen?

Über diese Frage geben unsere Versuche eine verneinende Antwort.

Die Tabellen 9 bis 12 zeigen die Erträge in übersichtlicher Form. Im Vergleich zu den Höchstmengen aufgenommener Nährstoffe, die bei der 3., bisweilen schon bei der 2. Erntenahme festgestellt wurden, haben die Mengen an Nährstoffen wie folgt abgenommen:

	Stickstoff: Abnahme %	Phosphorsäure: Abnahme %	Kali: Abnahme %
Hafer.			
Bei ungedüngt	26	—	—
„ Volldüngung	18	10	20
„ „ ohne Phosphorsäure	—	Zunahme 22	—
„ „ „ Kali	—	—	26
„ „ „ Stickstoff	33	—	—
„ „ mit dopp. Phosphorsäuregabe	—	22	—
„ „ „ „ Kaligabe	—	—	11
„ „ „ „ Stickstoffgabe	8	—	—
„ doppelter Volldüngung	19	8	19
Gerste.			
Bei ungedüngt	14	—	—
„ Volldüngung	13	4	17
„ „ ohne Phosphorsäure	—	Zunahme 36	—
„ „ „ Kali	—	—	2
„ „ „ Stickstoff	13	—	—
Senf.			
Bei ungedüngt	54	—	—
„ Volldüngung	55	15	32
„ „ ohne Phosphorsäure	56	19	—
„ „ „ Kali	27	—	8
„ „ „ Stickstoff	52	—	—

Beim Buchweizen, der bis zur 4. Erntenahme grün geblieben war, hat nirgends Abnahme, sondern stets Zunahme an Nährstoffen stattgefunden.

Eine Erklärung für die stattfindende Auswanderung an Kali und Phosphorsäure (vielleicht auch Stickstoff) kann noch nicht gegeben werden. Wir haben uns erst mit der Tatsache zu begnügen, dass eine solche Auswanderung überhaupt vor sich geht.

Um sie unserem Verständnis näher zu führen, müssen wir erwägen, dass, wie WILFAHRT, RÖMER und WIMMER gefunden haben, eine Rückwanderung von Nährstoffen nicht bei allen Pflanzen stattfindet. Die genannten Forscher haben festgestellt, dass die Kartoffelpflanze hier eine Ausnahme macht. Aus dem

oberirdischen Teil der Pflanze treten beim Reifeprozess Nährstoffe in die Knollen, aber sie wandern nicht weiter, denn die Knolle ist kein absterbendes Organ. Aus dem oberirdischen Teil der Halmgewächse treten beim Reifeprozess Nährstoffe in die Wurzel und aus der Wurzel weiter in den Boden, denn die Wurzel der Halmgewächse ist ein absterbendes Organ. Man könnte also allgemein sagen: Überlebende Organe (Samen, Knollen, Stengel und Wurzeln mehrjähriger Pflanzen) nehmen beim Reifeprozess Nährstoffe in sich auf. Absterbende Organe (Blätter, Stengel und Wurzeln einjähriger Pflanzen) lassen beim Reifeprozess Nährstoffe austreten. Aus absterbenden Blättern wandern Nährstoffe in die Halme und Stengel, aus absterbenden Halmen und Stengeln wandern die Nährstoffe in die Wurzeln und aus absterbenden Wurzeln wandern die Stoffe in den Boden. Zu den gleichen Resultaten sind — wie wir oben mitgeteilt haben — Wilfarth, Römer und Wimmer gekommen.

Es bleibt nun zu fragen, auf welche Ursache die Abnahme an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali zurückzuführen ist. Es sind 4 Fälle denkbar.

a) Es könnte bei der Erntenahme ein Verlust an Blättern und Wurzeln stattgefunden haben. Dies aber ist ausgeschlossen, denn die Erntenahme erfolgte in sorgfältigster Weise, und die während des Verlaufs der Vegetation abfallenden Blätter wurden sorgfältig gesammelt und mit den später geernteten vereinigt.

b) Es könnten durch absterbende Wurzelteile Substanzverluste entstanden sein. Auch dies muss als ausgeschlossen gelten, denn eine Abnahme an Nährstoffen wurde schon in demjenigen Vegetationsstadium beobachtet, in welchem die Bildung von oberirdischer Substanz noch nicht beendet und die Wurzeltätigkeit also nicht abgeschlossen war.

c) Es kann ein Verlust an Stickstoff durch Veratmung stickstoffhaltiger organischer Substanz und dabei erfolgte Verflüchtigung an Stickstoff stattgefunden haben. Ob und wie dies geschehen sein kann, bleibt noch zu erforschen.

d) Für Kali und Phosphorsäure, die ja durch Veratmung nicht verloren gehen können, bleibt nur die Möglichkeit übrig, dass ein Teil dieser Nährstoffe während des Reifeprozesses der Pflanzen in die Wurzel zurückgewandert und aus den Wurzeln zurück in den Kulturboden getreten ist. Diese Möglichkeit ist selbstverständlich auch für den Stickstoff nicht ausgeschlossen

8. Wie verteilen sich die von der gesamten Pflanze aufgenommenen Nährstoffmengen in den verschiedenen Entwicklungsstadien auf den oberirdischen Teil der Pflanze und auf die Wurzeln?

Die Tabellen 14—17 im Anhange geben hierüber Aufschluss. Sie geben an, wieviel von je 100 Teilen der in der Ernte enthaltenen Nährstoffe auf oberirdische Substanz und auf Wurzeln entfallen.

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, dass, je hungriger die Pflanze ist, verhältnismässig um so mehr Nährstoffe in den Wurzeln, und je gesättigter die Pflanze ist, verhältnismässig um so mehr Nährstoffe im oberirdischen Teil sich finden. Folgende Zahlen lassen dies erkennen.

Von je 100 Teilen der in der gesamten Pflanzenmasse enthaltenen Nährstoffe finden sich in den Wurzeln:

	1. Erntenahme	2. Erntenahme	3. Erntenahme	4. Erntenahme	
Hafer.					
Bei ungedüngt	52	45	30	41	Stickstoff.
„ Volldüngung	30	24	23	19	Stickstoff.
„ „ ohne Stickstoff	62	47	33	37	Stickstoff.
„ „ mit dopp. Stickstoffgabe	30	21	20	13	Stickstoff.
„ doppelter Volldüngung	34	23	16	15	Stickstoff.
Bei Volldüngung	—	23	21	14	Phosphorsäure.
„ „ ohne Phosphorsäure	—	42	33	22	Phosphorsäure.
„ „ mit dopp. Phosphorsäuregabe	—	23	14	26	Phosphorsäure.
„ doppelter Volldüngung	—	27	16	12	Phosphorsäure.
Bei Volldüngung	—	20	24	8	Kali.
„ „ ohne Kali	—	31	15	12	Kali.
„ „ mit doppelter Kaligabe	—	25	11	8	Kali.
„ doppelter Volldüngung	—	23	11	7	Kali.
Gerste.					
Bei ungedüngt	63	62	44	50	Stickstoff.
„ Volldüngung	35	26	29	25	Stickstoff.
„ „ ohne Stickstoff	60	61	50	45	Stickstoff.
Bei Volldüngung	—	23	27	18	Phosphorsäure.
„ „ ohne Phosphorsäure	—	40	33	36	Phosphorsäure.
Bei Volldüngung	—	13	16	7	Kali.
„ „ ohne Kali	—	36	29	15	Kali.

	1.	2.	3.	4.	
	Erntenahme				
Senf.					
Bei ungedüngt	50	46	30	45	Stickstoff.
„ Volldüngung	24	17	18	21	
„ „ ohne Phosphorsäure	37	19	16	22	
„ „ „ Kali	29	17	14	12	
„ „ „ Stickstoff	45	52	33	36	
Bei Volldüngung	—	29	44	19	Phosphorsäure.
„ „ ohne Phosphorsäure	—	41	31	24	
Bei Volldüngung	—	17	16	12	Kali.
„ „ ohne Kali	—	29	21	10	
Buchweizen.					
Bei ungedüngt	41	39	29	25	Stickstoff.
„ Volldüngung	22	20	22	15	
„ „ ohne Stickstoff	35	33	35	31	
Bei Volldüngung	—	68	19	8	Phosphorsäure.
„ „ ohne Phosphorsäure	—	—	30	21	
„ „ mit dopp. Phosphorsäure	—	18	18	7	
Bei Volldüngung	—	11	12	6	Kali.
„ „ ohne Kali	—	21	21	9	
„ „ mit doppelter Kaligabe	—	11	10	6	

Wir haben schon früher gesehen, dass hungernde Pflanzen im Verhältnis ein stärkeres Wurzelsystem haben als ausreichend ernährte, sie suchen nach Nahrung. Und damit im Einklang steht, wie vorstehende Zahlen es nachweisen, auch die Tatsache, dass hungernde Pflanzen verhältnismässig mehr Kali, Phosphorsäure und Stickstoff in ihren Wurzeln enthalten als ausreichend gesättigte.

9. Welche Nährstoffmengen haben die verschiedenen Kulturpflanzen dem Bodenvorrat entzogen?

Hierüber geben die Versuche, bei welchen Volldüngung ohne Phosphorsäure, bezw. Volldüngung ohne Kali, bezw. Volldüngung ohne Stickstoff gegeben wurde, Aufschluss. In folgender Zusammenstellung finden sich die Nährstoffmengen, welche die Pflanzen bei der letzten Erntenahme und auch bei derjenigen Ernteentnahme dem Boden entzogen haben, bei welcher die Höchstmenge an Nährstoffen vorhanden war.

Die ober- und unterirdische Substanz enthielt:

	Bei der letzten Erntenahme g	Bei der Erntenahme, bei welcher der Höchstgehalt an Nährstoffen vorhand. war, g	Auf je 100 Teile im Boden enthaltener Nährstoffe berechnet, waren in der Pflanzensubstanz enthalten: bei der letzten Erntenahme	bei der Erntenahme, bei welcher der Höchstgehalt an Nährstoffen vorhanden war
		Phosphorsäure.		
Hafer	0.27	0.27	5.21	5.21
Gerste	0.33	0.33	6.37	6.37
Senf	0.21	0.26	4.05	5.02
Buchweizen	0.19	0.19	3.67	3.67
		Kali.		
Hafer	0.64	0.87	13.25	18.01
Gerste	0.55	0.56	11.39	11.59
Senf	0.48	0.52	9.94	10.77
Buchweizen	0.94	0.94	19.46	19.46
		Stickstoff.		
Hafer	0.16	0.24	8.16	12.24
Gerste	0.20	0.23	10.20	11.73
Senf	0.11	0.23	5.61	11.73
Buchweizen	0.16	0.18	8.16	9.18

10. Welche Nährstoffmengen haben die verschiedenen Kulturpflanzen der Düngung entnommen?

Hierüber geben die Versuche Aufschluss, welche bei Volldüngung im Vergleich zu Volldüngung ohne Phosphorsäure, Volldüngung ohne Kali und Volldüngung ohne Stickstoff ausgeführt worden sind. Bei Berechnung der unten angeführten Zahlen sind einerseits die bei der letzten Erntenahme erhaltenen Nährstoffmengen, andererseits die Nährstoffmengen zugrunde gelegt, welche bei der Erntenahme gewonnen wurden, bei welcher der Höchstgehalt an Nährstoffen vorhanden war.

Die durch Düngung erzielten Mehrerträge enthielten:

	Bei der letzten Erntenahme g	Bei der Erntenahme, bei welcher der Höchstgehalt an Nährstoffen vorhand. war, g	Auf je 100 Teile der durch die Düngung zugeführten Nährstoffe waren in der Pflanzensubstanz enthalten: bei der letzten Erntenahme	bei der Erntenahme, bei welcher der Höchstgehalt an Nährstoffen vorhanden war
Phosphorsäure.				
Hafer	0.46	0.54	46	54
Gerste	0.41	0.44	41	44
Senf	0.31	0.35	31	35
Buchweizen	0.47	0.47	47	47
Kali.				
Hafer	1.16	1.39	77	93
Gerste	1.13	1.47	75	98
Senf	0.89	1.50	59	100
Buchweizen	0.96	0.96	64	64
Stickstoff.				
Hafer	1.23	1.46	82	97
Senf	1.43	1.65	95	110
Gerste	0.65	1.45	43	97
Buchweizen	1.41	1.39	94	93

Diese Zahlen ergeben, dass das Kali der Stassfurter Kalisalze und der Stickstoff des Chilisalpeters so gut wie vollständig von Hafer, Gerste und Senf aufgenommen worden sind, während von der Phosphorsäure des Superphosphats und des Thomasmehls noch nicht ganz die Hälfte aufgenommen wurde.

11. Wie hat sich der prozentische Nährstoffgehalt bei Stroh und Körnern der Halmgewächse je nach der Düngung gestellt?

Die Tabellen 20 und 21 im Anhange geben hierüber Aufschluss. Der prozentische Gehalt des Strohs ist durch Stickstoffdüngung gesteigert worden. Die Haferkörner und die Gerstekörner haben bei ungedüngt einen höheren Stickstoffgehalt aufgewiesen als bei mittlerer Stickstoffdüngung, während starke Düngung (bei Hafer) den Stickstoffgehalt wieder erheblich erhöht hat.

Der Umstand, dass die ungedüngt gebliebenen und infolgedessen nach Stickstoff hungernden Gerste- und Haferpflanzen etwas stickstoffreichere Körner geliefert haben als die mit einer mässigen Stickstoffmenge gedüngten, findet in folgendem seine Erklärung. Die ungedüngten Pflanzen haben sich von Anfang an sehr kümmerlich entwickelt, weil die aus dem Humus des Bodens langsam fliessende Stickstoffquelle sie spärlich ernährte. Nach Eintritt wärmerer Jahreszeit ging die Zersetzung der stickstoffhaltigen Bodensubstanz schneller vor sich, die Stickstoffquelle floss reichlicher, aber die gering entwickelten Pflanzen waren nicht imstande, den reichlicher angebotenen Boden-Stickstoff vollkommen zu verarbeiten. Sie nahmen ihn auf, konnten ihn aber nicht zu entsprechender Produktion von Pflanzenmasse verwenden; es entstanden Körner, die prozentisch reicher an Stickstoff waren, als bei den besser ernährten Pflanzen.

Der Phosphorsäuregehalt von Stroh und Körnern ist regelmässig bei geringer Düngung gefallen und bei reichlicher Düngung gestiegen.

Der Kaligehalt des Strohs ist ebenfalls bei geringer Düngung gefallen und bei erhöhter Düngung gestiegen, während der Kaligehalt der Körner sowohl bei Hafer als auch bei Gerste überall auf gleicher Höhe geblieben ist. Weder Kalihunger noch Übersättigung mit Kali haben den prozentischen Gehalt der Körner beeinflusst. Diese Ergebnisse bestätigen das, was schon frühere Forschungen, namentlich die der Versuchsstation Darmstadt, festgestellt haben.

12. Ist das Verhältnis zwischen Stroh und Körnern durch Düngung beeinflusst worden?

Je 100 Teile Stroh haben bei Hafer nur 24 Teile Körner geliefert, wenn die Pflanzen stark nach Stickstoff hungerten, während bei mittlerer Düngung auf je 100 Teile Stroh 55 bis 56 Teile Körner erzeugt worden sind. Bei Mangel an Phosphorsäure hat sich der Körnerertrag auf 49, bei Mangel an Kali auf 43 vermindert, während er bei doppelter Volldüngung auf 64 gestiegen ist.

Auch bei Gerste war ein Einfluss der Düngung auf das Verhältnis zwischen Körnern und Stroh zu bemerken. Die Körnererträge haben sich vermindert, wenn es der Pflanze an Stickstoff oder Phosphorsäure oder Kali fehlte. Bemerkenswert

aber ist, dass bei Gerste in erster Linie der Kalimangel, bei Hafer weit mehr der Stickstoffmangel es war, der den Ertrag verminderte.

Auch diese Ergebnisse stehen mit früheren, namentlich in Darmstadt gemachten Erfahrungen im Einklang.

13. Üben die einzelnen Nährstoffe einen Einfluss auf die Wurzelbildung aus?

Diese Frage ist von einigen Forschern behandelt worden. GAROLA [1]) hat mit Gerste einen Versuch in Gefässen ausgeführt und an Wurzeln und oberirdischer Substanz erhalten:

		Periode des Schossens g	Periode der Fruchtbildung g	Periode der Reife g
Ohne Düngung	Wurzeln	6	24	10
	oberird. Substanz .	11	100	210
Bei Düngung mit 1 g Stickstoff	Wurzeln	4	25	10
	oberird. Substanz .	10	99	195
Bei Düngung mit 1 g Stickstoff + 2 g Phosphorsäure	Wurzeln	8	60	15
	oberird. Substanz .	15	78	238

Der Verfasser schliesst aus diesen Ergebnissen, dass die Phosphorsäure einen besonders starken Einfluss auf die Entwicklung der Wurzeln hat, und glaubt, dass hierauf ganz allgemein die durch Phosphorsäuredüngung erzielbaren Ertragssteigerungen zurückgeführt werden können. Dieser Schluss ist uns unverständlich. GAROLA würde gut getan haben, durch Ausführung von Kontrollversuchen oder durch Wiederholung seiner Arbeit die Richtigkeit der Ergebnisse zu prüfen. Es musste doch auffallen, dass durch Beidüngung von Phosphorsäure bei der 2. Erntenahme der Ertrag an Wurzelmasse von 25 g auf 60 g erhöht, der Ertrag an oberirdischer Substanz aber plötzlich von 99 g auf 78 g herabgedrückt wurde. Dies ist ein Ergebnis, welches nur auf einem Versuchsfehler beruhen kann. Sodann

[1]) BIEDERMANNS Zentralblatt für Agrikulturchemie 1892, S. 116.

ist es auffallend, dass bei der 3. Erntenahme auf je 100 Teile oberirdischer Substanz

bei ungedüngt nur . . . . 5 Teile Wurzeln
„ Stickstoffdüngung nur . . . . 5 „ „
„ Stickstoff- + Phosphorsäuredüngung nur 7 „ „

geerntet wurden!

Auch dies Ergebnis muss auf einem Fehler beruhen. Wir haben bei unseren Versuchen auf je 100 Teile oberirdischer Gerstesubstanz (Stroh + Körner) bei ausreichender Ernährung der Pflanzen 38 Teile Wurzeln, bei stark hungernden Pflanzen 86 Teile Wurzeln erhalten. Die äusserst geringe Wurzelmenge, die Garola erhalten hat, kann unmöglich richtig sein. Aber wenn man auch die von Garola erhaltenen Zahlen als richtig annehmen wollte, so bleibt der vom Verfasser gezogene Schluss doch ganz unverständlich.

Auch Müller-Thurgau[1]) hat an der Beantwortung der Frage gearbeitet. Er kultivierte Pflanzen verschiedener Art in Nährlösungen und präparierte die Wurzeln so, dass an der Hauptwurzel 4 Nebenwurzeln stehen blieben, von welchen er je 2 in verschiedene Lösungen tauchte. Die eine Lösung enthielt alle erforderlichen Nährstoffe, während der anderen der Stickstoff fehlte. Messungen ergaben, dass die Wurzeln in der stickstoffhaltigen Lösung sich stärker als in der stickstofffreien entwickelt hatten. Müller-Thurgau zieht daraus den Schluss, dass Stickstoff die Wurzelentwicklung fördert. Dieser Schluss ist nicht zutreffend. In stickstofffreier Lösung kann keine Pflanze wachsen, weder die ober- noch die unterirdische Substanz kann sich vermehren. In vollständiger Nährsalzlösung dagegen wächst die Pflanze, und zwar die Wurzel so gut wie der Spross. Daraus aber den Schluss ziehen zu wollen, dass der Stickstoff die Wurzelentwicklung fördert, ist doch nicht angängig. Die ganze Versuchsanordnung Müller-Thurgaus ist unzweckmässig. Wollte er die gestellte Frage prüfen, so hätte er die eine Pflanze in vollständiger Nährlösung, eine andere in Nährlösung ohne Stickstoff ziehen müssen. Und er hätte dann prüfen müssen, in welchem Verhältnis Wurzelmasse und oberirdische Substanz in beiden Fällen sich ausbilden. Hätte er dies getan, so hätte er gefunden, dass die nach Stickstoff hungernde Pflanze im Vergleich zur

[1]) Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie 1896, S. 595.

oberirdischen Substanz mehr Wurzeln gebildet hatte als die in stickstoffhaltiger Lösung gewachsene, und er wäre vor dem unrichtigen Schluss bewahrt geblieben, dass Stickstoff die Wurzelentwicklung fördert.

Die von uns erhaltenen Ergebnisse zeigen auf das deutlichste, dass nicht die reichliche Ernährung mit Stickstoff, sondern umgekehrt: Mangel an Stickstoff zu einseitiger Wurzelvermehrung führt. Folgende Zusammenstellung wird die Frage klarstellen.

Setzt man den bei der letzten Erntenahme erhaltenen Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen:

	Hafer	Gerste	Senf	Buchweizen
Ungedüngt	58	86	39	25
Volldüngung	35	38	21	15
„ ohne Phosphorsäure	31	40	19	18
„ „ Kali	40	38	15	16
„ „ Stickstoff	54	71	32	29
„ mit doppelter Phosphorsäure	33	—	—	16
„ „ doppeltem Kali	28	—	—	18
„ „ „ Stickstoff	19	—	—	—
Doppelte Volldüngung	23	—	—	—

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass bei Volldüngung (Versuch 2) im Vergleich zu den Versuchen 3, 4 und 5 die relativ geringste Wurzelmasse gebildet wurde.[1] Verstärkte man die Volldüngung durch Zugabe von Phosphorsäure oder Kali oder Stickstoff, oder gab man die Volldüngung in doppelter Menge, so wurde dadurch die relative Wurzelmasse herabgedrückt zugunsten der oberirdischen Substanz. Liess man dagegen die Pflanzen nach Phosphorsäure oder nach Kali oder nach Stickstoff hungern (Versuch 3, 4 und 5), so wurde die Wurzelbildung im

[1]) Bei den Kulturen mit Senf ist ein Einfluss des Kali- und Phosphorsäurehungers der Pflanzen auf die Wurzelentwicklung nicht hervorgetreten. Dies deckt sich mit der Tatsache, dass, wie man aus den betreffenden Tabellen ersieht, auch der bei kali- und phosphorsäurefreier Düngung erhaltene Ertrag des Senfs an Gesamterntemasse nicht in dem Maſse verringert worden ist wie bei Hafer- und Gerstekulturen.

Vergleich zur oberirdischen Substanz gesteigert und zwar um so mehr gesteigert, je mehr die Pflanze hungerte. Am meisten hungerte sie nach Stickstoff, und aus diesem Grunde trat bei Stickstoffhunger (damit übereinstimmend auch bei ungedüngt) die relativ grösste einseitige Wurzelbildung ein. Hätten wir zu den Versuchen einen Boden verwendet, der ebenso arm an Kali und Phosphorsäure wie an Stickstoff gewesen wäre, so würde vermutlich auch bei Volldüngung ohne Phosphorsäure und Volldüngung ohne Kali die Wurzelmasse sich ebenso sehr auf Kosten der oberirdischen Substanz vermehrt haben, wie bei Volldüngung ohne Stickstoff.

Möglich aber ist auch, dass, wenn die Pflanzen ebenso sehr nach Phosphorsäure hungern, wie nach Stickstoff, der Stickstoffhunger doch einen noch grösseren Einfluss auf einseitige Wurzelvermehrung ausübt, als der Hunger nach Phosphorsäure. Denn der Stickstoffhunger bringt die Pflanze in die grössere Gefahr. Pflanzen, die nach Phosphorsäure aber nicht nach Stickstoff hungern, bleiben länger grün. Stickstoffhungrige Pflanzen werden früher gelb, ihre Blätter werden chlorophyllarm, sie verlieren dadurch die Fähigkeit, Kohlensäure zu assimilieren, bezw. überhaupt organische Substanz zu erzeugen. Stickstoffhunger zieht zugleich Hunger nach Kohlenstoff mit sich, die Pflanze ist dadurch doppelt in Gefahr, abzusterben und um so mehr veranlasst, dem Mangel an Stickstoff und Kohlenstoff eine relativ reichere Entwicklung des Wurzelsystems entgegenzusetzen, ein Suchen nach Stickstoff.

14. Die Anpassung der Wurzel an gegebene Ernährungsverhältnisse und die Bedeutung solcher Anpassungsfähigkeit für den Kampf ums Dasein.

Wir haben aus unsern Versuchsergebnissen gesehen, dass das Verhältnis zwischen Spross und Wurzel von der Intensität der Ernährung der Pflanzen abhängt, und dass Stickstoffmangel von ganz besonderem Einfluss ist. Die Pflanzen haben damit eine besondere Anpassungsfähigkeit an vorhandene Ernährungsverhältnisse bekundet, und zwar eine Anpassungsfähigkeit, die nicht in gewöhnlichem Sinne zu nehmen ist. Nicht langsame Umformung der Organe durch Generationen hindurch, sondern die Fähigkeit der Pflanze, sich gegebenen Verhältnissen rasch anzupassen, um ihre Existenz zu sichern, liegt hier vor. Die Abhängigkeit der Pflanze vom Faktor Nährstoff wird damit

verringert. Durch die Fähigkeit der raschen Anpassung der Pflanzen wird der Kampf ums Dasein der Arten untereinander erhöht, denn ohne Anpassungsfähigkeit der Wurzeln an verschiedene Ernährungsverhältnisse wären die einzelnen Arten an bestimmte Ernährungsverhältnisse gebunden und so in ihrer Ausbreitung auf einzelne Gegenden mehr beschränkt. So aber treten in einem bestimmten Gebiet mehrere Arten als Wettbewerber in den Kampf, und je mehr Arten auftreten, um so grösser ist der Kampf, denn jede Art hat wieder ihre besonderen Kampfmittel.

Pflanzen, die sich den Ernährungsverhältnissen am besten anpassen können, die auch auf den ärmsten Böden noch fortkommen, gehen als Sieger aus dem Kampf hervor, sie haben das grösste Verbreitungsgebiet.

15. Der Nährstoffgehalt des Bodens als Auslesefaktor zwischen Unkraut und Kulturpflanze.

Nach Warming[1]) macht es den Pflanzen keine grosse Schwierigkeit, sich gegebenen Verhältnissen des Bodens — falls diese nicht sehr extremer Natur sind — so weit anzupassen, dass sie ihr Fortkommen finden. Besondere Schwierigkeiten treten erst ein, wenn der Boden nicht mit einer einzigen Pflanzenart bestanden ist, sondern wenn Mitbewerber um den Standort auftreten. In diesem Falle sucht die eine Pflanze die andere zu verdrängen, und diejenige Art geht als Sieger hervor, die die gegebenen Kombinationen von Boden, Licht, Klima etc. am besten auszunutzen vermag.

Die Artenauslese der wenig angepassten Pflanzen zeigt sich auch auf dem landwirtschaftlich bebauten Boden. Reichlich ernährte Kulturpflanzen, besonders Hochzuchten, erringen den Sieg über Unkräuter, da sie bessere Ernährungsverhältnisse sich mehr zunutze machen können, als Unkrautpflanzen. Unkräuter, die schlechten Ernährungsverhältnissen besser angepasst sind als hochgezüchtete Kulturpflanzen, entwickeln sich kräftig auch auf nährstoffarmem Boden, während Kulturpflanzen auf solchem Boden verkümmern und somit nicht die Kraft haben, den Kampf mit den Unkräutern zu bestehen.

---

[1]) Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, Berlin 1902, S. 84.

Ein von P. WAGNER[1]) beschriebener Düngungsversuch mit Hafer zeigt dies deutlich und gibt bestimmte Zahlennachweise. Der Versuch wurde auf einem sehr nährstoffarmen Acker ausgeführt, der zugleich mit Hederich so stark verunkrautet war, dass ein normaler Hafferertrag nicht erzielt werden konnte.

Der Versuch ergab, dass ohne Düngung nur 7.3 dz Erdrusch erhalten wurden. Dieser Erdrusch bestand aus 3.4 dz Haferkörnern und nicht weniger als 3.9 dz Hederichsamen (in Hülsen eingeschlossen). Durch Düngung wurden 24.3 dz Erdrusch erhalten, bestehend aus 21.4 dz reinen Haferkörnern und 2.9 dz Hederichsamen.

Die Düngung hatte also den Ertrag um 18 dz Haferkörner erhöht, die Entwicklung des Hederich aber nicht begünstigt, sondern eingeschränkt, denn der Ertrag an Hederichsamen war von 3.9 dz bei ungedüngt auf 2.9 dz bei Volldüngung zurückgegangen.

Aus diesem sehr interessanten Versuch erkennt man deutlich, wie bei den Kulturpflanzen, die unter guten Ernährungsverhältnissen herangezüchtet worden sind, die Eigenschaften des Bodens zu den wichtigsten ökologischen Faktoren gehören. Die Kulturpflanzen erreichen das Optimum ihrer Leistungsfähigkeit nur unter guten Ernährungsverhältnissen, erlangen also nur unter diesen die Fähigkeit, den Kampf mit Unkräutern aufzunehmen, während die Unkräuter schon auf nährstoffarmen Boden ihre Höchstentwicklung erreichen, und dann imstande sind, die schlechter ernährten und dementsprechend kümmerlich entwickelten Kulturpflanzen zu verdrängen. Auf armem Boden herrscht die wildwachsende Pflanze, auf nährstoffreichem Boden die Kulturpflanze.

Treten nur wildwachsende Pflanzen miteinander in Wettbewerb, so ist die Bedeutung des Nährstoffgehalts des Bodens als Auslesefaktor weniger gross, da die Ansprüche an Ernährung unter ihnen nicht sehr verschieden sind. Andere ökologische Faktoren, wie Niederschläge, Licht und Wärme, pflegen dann von grösserer Bedeutung zu sein als das Angebot an Nährstoffmengen.

---

[1]) Hessische Landwirtschaftliche Zeitschrift, Darmstadt 1901, No. 20.

16. Das Gesetz der Stoffersparnis im morphologischen Bau der Pflanze.

Die Pflanze hat das Bestreben, möglichst viele und kräftig entwickelte Früchte zur Erhaltung der Art auszubilden. Dies Bestreben erkennen wir deutlich aus der Tabelle 22, in welcher die Körnererträge, auf je 100 Teile Stroh berechnet, zusammengestellt sind. Die Zahlen zeigen uns, wie bei reicherer Düngung die Körnererträge erheblich mehr als die Stroherträge gesteigert wurden. Mangelt es an Nährstoffen, so vermehrt die Pflanze ihre Wurzeln, damit sie Nahrung suchen. Stehen aber reichliche Nährstoffe zur Verfügung, so schränkt die Pflanze die Wurzelproduktion ein, um die ersparten Stoffe für vermehrte Körnerproduktion zu verwenden. Wie haushälterisch die Pflanze die verfügbaren Nährstoffe verwendet, zeigt sich schon in den bekannten mechanischen Bauprinzipien, von denen alle Organe, Gewebe und Zellen der Pflanze beherrscht werden. Mit möglichst geringem Materialaufwande und unter Befolgung derselben Bauprinzipien, nach denen der Ingenieur arbeitet und der moderne Architekt Häuser und Hausgeräte in künstlerischen organischen Formen gestaltet, wird die erforderliche Festigkeit hergestellt. Es ist das Verdienst SCHWENDNERS, im Jahre 1874 in seinem epochemachenden Werk „Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotyledonen“ zuerst auf diese Bauprinzipien aufmerksam gemacht zu haben.

Das Sparsamkeitsgesetz beherrscht auch den morphologischen Bau der Pflanze zugunsten der Erzeugung von Früchten — zur Erhaltung der Art. Bei Nährstoffreichtum im Boden spart die Pflanze Baustoffe in der Wurzel zugunsten des Sprosses. Die Wurzeln sind nur ein sekundäres Ernährungsorgan, sie haben die Aufgabe, Rohmaterial aufzusuchen, aufzunehmen und den Blättern zuzuführen. Wird den Wurzeln diese Arbeit durch Vorhandensein reichlicher Bodennährstoffe erleichtert, so ist es nicht nötig, dass diese Organe sich weit verzweigen, Baustoffe werden gespart und zur stärkeren Ausbildung des wichtigeren eigentlichen Ernährungsorganes der Pflanze, des Assimilations-Apparates, produktiv verwendet.

Daran anknüpfend kann man sagen: Rationell düngen heisst die Pflanzen so reichlich mit Nährsalzen versehen, dass die Pflanze sich normal entwickelt, dass heisst, den weitaus grössten Teil der verwendbaren Nahrung zur Ausbildung des eigentlichen produktiven Organs, des Sprosses, verwendet und

erheblich weniger davon zur Wurzelbildung verbraucht. Tabelle 22 zeigt uns, wie bei besserer Ernährung die Erträge an oberirdischer Substanz mehr als die Erträge an Wurzeln, und der Körnerertrag mehr als der Ertrag an Stroh gesteigert wird.

Das Gesetz der Stoffersparnis beherrscht also nicht nur den mechanischen, sondern auch den morphologischen Bau der Pflanze im Interesse einer möglichst grossen Produktion von Früchten. Reichliche Früchtebildung und damit scharfe Auslese der zur Entwicklung kommenden Individuen ist aber Bedingung für eine Fortentwicklung, nach der die gesamte organische Welt strebt.

17. Einfluss der Ernährung auf die Wurzelbildung als züchterisches Moment.

Seehlhorst[1]) weist in einer Arbeit „Über Zucht und Anbaugebiet der Rassen unserer Getreidearten in Westdeutschland“ auf die Bedeutung der Wurzelentwicklung der Kulturpflanzen für Zucht und Anbau dieser hin. Es ist anzunehmen, dass bei den Hochzuchten, die unter besten Ernährungsverhältnissen erhalten wurden, die Wurzel relativ zugunsten des Sprosses reduziert sein wird und damit auch die hohen Ansprüche, die die Zuchten an den Nährstoffgehalt des Bodens stellen, in Einklang stehen werden.

Umgekehrt hat Opitz[2]) beobachtet, dass die bescheideneren, weniger ergiebigen Sorten einer Gattung ihrer Natur nach relativ viel Wurzeln bilden, selbst dann, wenn sie unter so günstigen Verhältnissen kultiviert werden, dass sie mit viel weniger verzweigtem Wurzelnetz auskommen könnten.

Von Interesse sind in dieser Richtung auch die von Atterberg[3]) ausgeführten Versuche über Gerstemüdigkeit. Atterberg beobachtete, dass bestimmte Gerstesorten auf seinem Versuchsfeld nicht mehr gedeihen wollten. Er fand, dass Kalimangel die Ursache war, denn sobald Kali gegeben wurde, erhielt er wieder vollen Ertrag. Andere Gerstesorten zeigten unter denselben Verhältnissen keinen Kalihunger und reagierten

[1]) Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Bd. 18, 1903, S. 248.

[2]) Mitteilungen der Landw. Institute Breslau, II. Bd., Heft 4, 1904.

[3]) Journal für Landwirtschaft 1903, S. 163.

auf Kali nicht oder nur in sehr geringem Maße. Sorten derselben Art haben also ein ungleiches Aneignungsvermögen für Bodenkali gezeigt, und es ist sehr wohl möglich, dass dies auf ungleiche Wurzelentwicklung zurückzuführen ist. Es darf als möglich angenommen werden, dass der Einfluss, den einerseits reichliche, andererseits knappe Ernährung auf die Ausbildung des Wurzelnetzes ausübt, sich im Laufe der Jahre fixiert und auf die Nachkommen überträgt.

Auch Fruwirth[1]) gibt an, dass durch langdauernde Einwirkung lokaler Einflüsse morphologische Unterschiede unter Kulturpflanzen derselben Art sich so fixieren können, dass sie erblich werden. Die Entstehung von Landsorten erklärt man so. Die Landsorten sind im Laufe von Jahrhunderten entstanden. Sie haben sich durch ununterbrochenen Anbau in ein und derselben Gegend der gegebenen Kombination von Boden, Licht, Klima, Wirtschaftsweise, Ernährung etc. angepasst, die dabei entstandenen Modifikationen haben sich im Laufe der Zeit fixiert und sind zu erblichen Eigenschaften geworden. Die Kulturrassen sind nicht viel anders entstanden. Es sind Züchtungen, die den grösseren Ansprüchen der Landwirtschaft in kurzer Frist angepasst worden sind durch künstliche Unterstützung der Auslese und schnelle Fixierung und Steigerung erworbener Eigenschaften. Alle besonderen Eigenschaften der Spielarten aber zu beobachten und so auch den Einfluss zu verfolgen, den abweichende Ernährungsverhältnisse auf die Ausbildung des Wurzelsystems ausüben, ist eine unabweisliche Aufgabe des Pflanzenzüchters.

---

[1]) „Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen", Berlin 1901.

Anhang.

Versuche im Jahre 1904.

Tabelle 1.

Versuche mit weissem Senf im Jahre 1904 (Aussaat am 21. Juli).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge: Oberird. Substanz g	Einzelerträge: Wurzelmasse g	Mittelerträge: Oberird. Substanz g	Mittelerträge: Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folg. Zahlen
Volldüngung	10. August	157 158	7.35 7.40	3.46 3.92	7.38	3.69	50
	15. "	159 160	14.15 14.20	5.10 4.50	14.18	4.80	34
	22. "	161 162	25.70 26.40	9.19 6.15	26.05	7.67	29
	3. Sept.	163 164	37.60 36.60	8.25 7.52	37.10	7.89	21
	29. "	167 168	47.00 40.10	9.15 6.40	43.55	7.78	18
Volldüngung ohne Phosphorsäure	10. August	195 196	2.79 3.13	2.37 2.35	2.96	2.36	80
	15. "	197 198	4.20 4.45	2.92 3.00	4.33	2.96	68
	22. "	199 200	8.40 9.40	4.80 4.50	8.90	4.65	52
	3. Sept.	201 202	12.85 12.55	8.10 8.20	12.70	8.15	64
	29. "	205 206	18.00 17.40	8.40 7.25	17.70	7.83	44
Volldüngung ohne Stickstoff	10. August	145 146	2.33 2.74	1.92 3.53	2.54	2.73	107
	15. "	147 148	2.90 3.17	2.20 2.50	3.04	2.35	77
	22. "	149 150	2.80 3.20	1.90 2.05	3.00	1.98	66
	3. Sept.	151 152	3.70 4.05	2.00 2.20	3.88	2.10	54
	29. "	154 155	4.70 4.75	1.50 2.00	4.73	1.75	37
Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe	10. August	169 170	6.76 7.20	2.20 2.41	6.98	2.31	33
	15. "	171 172	13 47 12.70	3.76 4.45	13.09	4.11	31
	22. "	173 174	26.50 26.15	6.45 6.00	26.33	6.23	24
	3. Sept.	175 176	47.50 43.90	9.00 7.55	45.70	8.28	18
	29. "	179 180	53.00 59.00	12.50 10.60	56.00	11.55	21

Tabelle 2.
Versuche mit Buchweizen im Jahre 1904 (Aussaat am 21. Juli).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge: Oberird. Substanz g	Einzelerträge: Wurzelmasse g	Mittelerträge: Oberird. Substanz g	Mittelerträge: Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folg. Zahlen
Volldüngung	10. August	109	6.80	1.91	6.81	2.21	32
		110	6.82	2.51			
	15. „	111	15.73	3.88	16.27	3.92	24
		112	16.80	3.95			
	22. „	113	34.00	10.00	35.25	9.48	27
		114	36.50	8.95			
	3. Sept.	115	62.70	14.10	62.90	13.43	21
		116	63.10	12.75			
	29. „	119	73.80	20.90	72.68	19.20	26
		120	71.55	17.50			
Volldüngung ohne Phosphorsäure	10. August	133	3.41	2.45	3.57	2.55	71
		134	3.72	2.65			
	15. „	135	7.45	2.95	7.55	2.78	37
		136	7.65	2.60			
	22. „	137	17.90	5.22	17.20	4.57	27
		138	16.50	3.92			
	3. Sept.	139	35.30	9.40	37.10	10.20	27
		140	38.90	11.00			
	29. „	143	56.50	15.50	57.68	15.25	26
		144	58.85	15.00			
Volldüngung ohne Stickstoff	10. August	97	2.70	2.22	2.66	2.16	81
		98	2.62	2.10			
	15. „	99	3.47	2.22	3.59	2.20	61
		100	3.70	2.18			
	22. „	101	4.62	2.25	5.11	2.18	43
		102	5.60	2.10			
	3. Sept.	103	5.65	2.65	5.63	2.78	49
		104	5.60	2.90			
	29. „	107	6.10	2.25	6.05	2.13	35
		108	6.00	2.00			
Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe	10. August	121	5.60	1.92	5.49	2.11	38
		122	5.37	2.30			
	15. „	123	13.80	3.80	13.80	3.77	27
		124	13.80	3.74			
	22. „	125	33.50	7.10	31.55	8.33	26
		126	29.60	9.56			
	3. Sept.	127	70.35	12.85	69.05	12.08	17
		128	67.75	11.30			
	29. „	130	98.40	21.70	99.85	19.35	19
		132	101.30	17.00			

Tabelle 3.

Versuche mit Gerste im Jahre 1904 (Aussaat am 21. Juli).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge Oberird. Substanz g	Einzelerträge Wurzelmasse g	Mittelerträge Oberird. Substanz g	Mittelerträge Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folg. Zahlen
Volldüngung	10. August	61	4.18	4.15	4.08	3.79	93
		62	3.98	3.43			
	15. „	63	3.65	5.16	8.63	5.61	65
		64	3.60	6.05			
	22. „	65	17.40	11.45	16.68	10.73	64
		66	15.95	10.01			
	3. Sept.	67	32.90	24.40	33.35	20.80	62
		68	33.80	17.20			
	29. „	71	67.20	18.70	69.90	18.48	26
		72	72.60	18.25			
	18. Oktober	69	92.10	21.00	91.35	19.85	22
		70	90.60	18.70			
Volldüngung ohne Phosphorsäure	10. August	85	2.30	2.85	2.39	3.14	131
		86	2.47	3.43			
	15. „	87	2.75	3.30	3.35	3.65	109
		88	3.95	4.00			
	22. „	89	5.20	5.40	5.33	5.62	105
		90	5.45	5.83			
	3. Sept.	91	7.80	7.00	7.28	7.35	101
		92	6.76	7.70			
	29. „	95	21.80	13.50	22.20	14.10	64
		96	22.60	14.70			
	18. Oktober	93	29.20	13.70	29.30	13.73	47
		94	29.40	13.75			
Volldüngung ohne Stickstoff	10. August	49	1.67	4.22	1.66	4.06	245
		50	1.65	3.90			
	15. „	51	2.20	4.00	2.20	3.85	175
		52	2.20	3.70			
	22. „	53	2.45	3.97	2.40	3.86	161
		54	2.35	3.75			
	3. Sept.	55	3.10	4.90	3.10	4.75	153
		56	3.10	4.60			
	29. „	59	4.50	4.75	4.75	4.38	92
		60	5.00	4.00			
	18. Oktober	57	9.35	4.00	8.73	4.03	46
		58	8.10	4.05			
Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe	10. August	73	3.62	3.02	3.66	3.46	94
		74	3.70	3.90			
	15. „	75	7.25	3.45	7.53	4.05	54
		76	7.80	4.65			
	22. „	77	16.15	10.60	16.03	10.04	63
		78	15.90	9.47			
	3. Sept.	79	34.05	21.10	37.43	24.15	65
		80	40.80	27.20			
	29. „	83	94.59	25.50	92.15	25.85	28
		84	89.70	26.20			
	18. Oktober	81	90.80	23.60	96.90	26.93	28
		82	103.00	30.25			

Tabelle 4.

Versuche mit Hafer im Jahre 1904 (Aussaat am 21. Juli).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge Oberird. Substanz g	Einzelerträge Wurzelmasse g	Mittelerträge Oberird. Substanz g	Mittelerträge Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folg. Zahlen
Volldüngung	10. August	13 14	2.40 1.92	2.35 2.95	2.16	2.65	123
	3. Sept.	15 16	15.20 14.27	8.00 8.90	14.74	8.45	57
	29. „	18 19	57.10 51.50	20.50 22.20	54.30	21.35	39
	18. Oktober	21 24	77.50 65.50	24.65 21.45	71.50	23.05	32
Volldüngung ohne Phosphorsäure	10. August	37 38	1.30 1.47	2.05 1.90	1.39	1.98	142
	3. Sept.	47 48	6.82 8.42	6.16 6.90	7.62	6.53	86
	29. „	45 46	21.25 27.30	14.10 11.55	24.28	12.83	53
	18. Oktober	39 41	31.00 29.50	16.20 15.75	30.25	15.98	53
Volldüngung ohne Stickstoff	10. August	1 2	1.33 1.40	2.43 2.45	1.37	2.44	178
	3. Sept.	3 4	3.65 2.80	5.25 5.40	3.23	5.33	165
	29. „	10 11	4.60 5.10	5.30 6.10	4.85	5.70	118
	18. Oktober	5 6	6.20 6.10	6.00 5.60	6.15	5.80	94
Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe	10. August	25 26	1.65 1.31	1.96 1.35	1.48	1.66	112
	3. Sept.	35 36	18.96 16.70	7.70 7.85	17.83	7.78	44
	29. „	32 33	56.30 52.20	15.00 18.70	54.25	16.85	31
	18. Oktober	31 34	83.00 85.46	22.40 23.00	84.23	22.70	27

Versuche im Jahre 1905.

Tabelle 1.

Versuche mit Hafer im Jahre 1905 (Aussaat am 22. März).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge Oberird. Substanz g	Einzelerträge Stroh g	Einzelerträge Körner g	Einzelerträge Wurzelmasse g	Mittelerträge Oberird. Substanz g	Mittelerträge Stroh g	Mittelerträge Körner g	Mittelerträge Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Ungedüngt	9. Mai	1 a	4.00	—	—	11.30	3.93	—	—	11.48	292
		1 b	3.85	—	—	11.65					
	29. „	1 a	11.40	—	—	17.35	11.55	—	—	15.88	137
		1 b	11.70	—	—	14.40					
	25. Juni	1 a	21.30	—	—	15.10	22.45	—	—	14.13	63
		1 b	23.60	—	—	13.15					
	13. Juli	1 a	18.35	14.50	3.85	9.82	18.65	15.00	3.65	10.87	58
		1 b	18.95	15.50	3.45	11.92					
Volldüngung	9. Mai	2 a	7.90	—	—	7.30	7.91	—	—	8.08	102
		2 b	7.92	—	—	8.85					
	29. „	2 a	57.90	—	—	44.70	59.64	—	—	45.90	77
		2 b	61.37	—	—	47.10					
	25. Juni	2 a	148.50	—	—	82.72	152.08	—	—	88.06	58
		2 b	155.65	—	—	93.40					
	13. Juli	2 a	152.67	100.37	52.30	63.00	158.41	101.89	56.53	55.70	35
		2 b	164.15	103.40	60.75	48.40					
Volldüngung ohne Phosphorsäure	9. Mai	3 a	4.43	—	—	5.73	4.72	—	—	6.67	141
		3 b	5.00	—	—	7.60					
	29. „	3 a	33.20	—	—	37.40	33.55	—	—	37.45	112
		3 b	33.90	—	—	37.50					
	25. Juni	3 a	114.60	—	—	52.70	110.55	—	—	53.20	48
		3 b	106.50	—	—	53.70					
	13. Juli	3 a	110.80	78.80	87.00	86.52	109.88	78.58	86.80	84.56	31

Volldüngung ohne Kali	9. Mai	4 a	6.80	—	—	6.85	6.48	—	—	7.28	112
		4 b	6.55	—	—	8.10					
	29. „	4 a	36.22	—	—	28.50	34.81	—	—	25.55	78
		4 b	33.40	—	—	22.60					
	25. Juni	4 a	111.90	—	—	42.30	115.13	—	—	49.55	43
		4 b	118.35	—	—	56.80					
	13. Juli	4 a	108.44	75.27	33.17	44.75	110.90	77.51	33.39	44.66	40
		4 b	113.35	79.75	33.60	44.57					
Volldüngung ohne Stickstoff	9. Mai	5 a	3.60	—	—	7.00	3.78	—	—	8.34	221
		5 b	3.95	—	—	9.67					
	29. „	5 a	10.50	—	—	14.67	10.26	—	—	16.19	158
		5 b	10.02	—	—	17.70					
	25. Juni	5 a	21.22	—	—	11.27	20.67	—	—	10.64	51
		5 b	20.12	—	—	10.00					
	13. Juli	5 a	17.60	13.55	4.05	8.30	17.03	13.75	3.28	9.21	54
		5 b	16.45	13.95	2.50	10.12					
Volldüngung mit doppelter Phosphorsäuregabe	9. Mai	6 a	8.87	—	—	14.15	8.60	—	—	14.24	166
		6 b	8.33	—	—	14.32					
	29. „	6 a	60.25	—	—	55.30	59.10	—	—	48.03	81
		6 b	57.95	—	—	40.75					
	25. Juni	6 a	149.20	—	—	67.37	151.85	—	—	67.04	44
		6 b	154.50	—	—	66.70					
	13. Juli	6 a	154.20	108.95	45.25	49.71	159.48	109.70	49.78	52.03	33
		6 b	164.75	110.45	54.30	54.35					
Volldüngung mit doppelter Kaligabe	9. Mai	7 a	9.00	—	—	9.20	9.11	—	—	10.50	115
		7 b	9.22	—	—	11.80					
	29. „	7 a	59.55	—	—	53.40	61.53	—	—	47.25	77
		7 b	63.50	—	—	41.10					
	25. Juni	7 a	160.32	—	—	53.80	160.41	—	—	56.58	35
		7 b	160.50	—	—	59.35					
	13. Juli	7 a	177.80	114.75	63.05	54.62	176.25	113.98	62.28	49.16	28
		7 b	174.70	113.20	61.50	43.70					

Noch Tabelle 1.

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge: Oberird. Substanz g	Einzelerträge: Stroh g	Einzelerträge: Körner g	Einzelerträge: Wurzel-masse g	Mittelerträge: Oberird. Substanz g	Mittelerträge: Stroh g	Mittelerträge: Körner g	Mittelerträge: Wurzel-masse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Volldüngung mit doppelter Stickstoffgabe	9. Mai	8 a 8 b	8.85 8.77	— —	— —	5.22 8.35	8.81	—	—	6.79	77
	29. „	8 a 8 b	52.00 51.67	— —	— —	26.10 32.50	51.84	—	—	29.30	57
	25. Juni	8 a 8 b	166.25 167.47	— —	— —	75.40 65.30	166.86	—	—	70.35	42
	13. Juli	8 a 8 b	189.65 187.45	121.80 120.00	67.85 67.45	32.33 41.00	188.55	120.90	67.65	36.67	19
Volldüngung in doppelter Stärke	9. Mai	9 a 9 b	8.90 9.20	— —	— —	7.92 7.50	9.05	—	—	7.71	85
	29. „	9 a 9 b	46.95 54.90	— —	— —	26.40 30.20	50.93	—	—	28.30	56
	25. Juni	9 a 9 b	180.10 182.60	— —	— —	56.40 63.80	181.35	—	—	60.10	33
	13. Juli	9 a 9 b	203.55 209.05	122.95 128.90	80.60 80.15	44.54 49.42	206.30	125.93	80.38	46.98	23

Tabelle 2.

Versuche mit Gerste im Jahre 1905 (Aussaat am 22. März).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge: Oberird. Substanz g	Einzelerträge: Stroh g	Einzelerträge: Körner g	Einzelerträge: Wurzelmasse g	Mittelerträge: Oberird. Substanz g	Mittelerträge: Stroh g	Mittelerträge: Körner g	Mittelerträge: Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Ungedüngt	9. Mai	1 a 1 b	3.47 3.22	— —	— —	13.00 11.42	3.35	—	—	12.21	364
	29. „	1 a 1 b	7.30 7.40	— —	— —	12.22 11.60	7.35	—	—	11.91	162
	25. Juni	1 a 1 b	11.05 11.52	— —	— —	9.50 8.20	11.29	—	—	8.85	78
	10. Juli	1 a 1 b	9.45 10.45	7.05 7.25	2.40 3.20	8.60 8.60	9.95	7.15	2.80	8.60	86
Volldüngung	9. Mai	2 a 2 b	12.72 12.15	— —	— —	18.97 24.00	12.44	—	—	21.49	173
	29. „	2 a 2 b	64.10 63.60	— —	— —	48.97 54.30	63.85	—	—	51.64	81
	25. Juni	2 a 2 b	156.50 155.20	— —	— —	62.50 58.50	155.85	—	—	60.50	39
	10. Juli	2 a 2 b	153.52 149.95	98.92 97.00	54.60 52.95	56.50 60.30	151.74	97.96	53.78	58.40	38

Noch Tabelle 2.

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge Oberird. Substanz g	Einzelerträge Stroh g	Einzelerträge Körner g	Einzelerträge Wurzelmasse g	Mittelerträge Oberird. Substanz g	Mittelerträge Stroh g	Mittelerträge Körner g	Mittelerträge Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Volldüngung ohne Phosphorsäure	9. Mai	3 a	8.50	—	—	8.82	8.45	—	—	13.34	158
		3 b	8.40	—	—	17.85					
	29. „	3 a	35.70	—	—	22.90	36.75	—	—	28.01	76
		3 b	37.80	—	—	33.12					
	25. Juni	3 a	99.50	—	—	27.60	99.65	—	—	28.70	29
		3 b	99.80	—	—	29.80					
	10. Juli	3 a	93.65	68.50	25.15	37.20	94.13	68.85	25.28	37.43	40
		3 b	94.60	69.20	25.40	37.65					
Volldüngung ohne Kali	9. Mai	4 a	10.90	—	—	21.42	10.83	—	—	23.56	218
		4 b	10.75	—	—	25.70					
	29. „	4 a	47.10	—	—	35.20	46.39	—	—	39.88	86
		4 b	45.67	—	—	44.55					
	25. Juni	4 a	77.75	—	—	29.72	77.53	—	—	29.76	38
		4 b	77.30	—	—	29.80					
	10. Juli	4 a	72.45	55.50	16.95	22.70	76.50	57.18	19.33	28.75	38
		4 b	80.55	58.85	21.70	34.80					
Volldüngung ohne Stickstoff	9. Mai	5 a	4.32	—	—	12.27	4.31	—	—	12.50	290
		5 b	4.30	—	—	12.72					
	29. „	5 a	8.70	—	—	18.40	8.95	—	—	17.70	198
		5 b	9.20	—	—	17.00					
	25. Juni	5 a	15.00	—	—	8.80	14.90	—	—	11.05	74
		5 b	14.80	—	—	13.30					
	10. Juli	5 a	13.85	9.25	4.60	10.20	14.43	9.98	4.45	10.20	71
		5 b	15.00	10.70	4.30	10.20					

Tabelle 8.

Versuche mit weissem Senf im Jahre 1905 (Aussaat am 22. März).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge: Oberird. Substanz g	Einzelerträge: Stroh g	Einzelerträge: Körner g	Einzelerträge: Wurzel-masse g	Mittelerträge: Oberird. Substanz g	Mittelerträge: Stroh g	Mittelerträge: Körner g	Mittelerträge: Wurzel-masse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Ungedüngt	9. Mai	1 a 1 b	3.72 3.75	— —	— —	4.62 4.72	3.74	—	—	4.67	125
	29. „	1 a 1 b	6.90 7.77	— —	— —	7.20 8.35	7.34	—	—	7.78	106
	25. Juni	1 a 1 b	9.10 9.15	— —	— —	4.92 4.90	9.13	—	—	4.91	54
	13. Juli	1 a 1 b	11.35 11.70	10.10 10.35	1.25 1.35	4.25 4.62	11.53	10.23	1.30	4.44	39
Volldüngung	9. Mai	2 a 2 b	7.65 8.55	— —	— —	7.80 9.77	8.10	—	—	8.79	109
	29. „	2 a 2 b	33.60 37.49	— —	— —	24.22 21.00	35.55	—	—	22.61	64
	25. Juni	2 a 2 b	88.50 93.72	— —	— —	55.90 42.82	91.11	—	—	49.36	54
	13. Juli	2 a 2 b	91.94 108.65	86.02 102.45	5.92 6.20	20.57 21.70	100.30	94.24	6.06	21.14	21

Noch Tabelle 3.

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge Oberird. Substanz g	Einzelerträge Stroh g	Einzelerträge Körner g	Einzelerträge Wurzel-masse g	Mittelerträge Oberird. Substanz g	Mittelerträge Stroh g	Mittelerträge Körner g	Mittelerträge Wurzel-masse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Volldüngung ohne Phosphorsäure	9. Mai	3 a	4.37	—	—	8.97	4.31	—	—	8.81	204
		3 b	4.25	—	—	8.65					
	29. „	3 a	19.22	—	—	11.70	19.16	—	—	11.25	59
		3 b	19.10	—	—	10.80					
	25. Juni	3 a	59.92	—	—	28.70	60.41	—	—	31.65	52
		3 b	60.90	—	—	34.60					
	13. Juli	3 a	80.55	72.40	8.15	15.22	81.91	73.19	8.73	15.21	19
		3 b	83.27	73.97	9.30	15.20					
Volldüngung ohne Kali	9. Mai	4 a	5.50	—	—	3.22	5.71	—	—	3.51	61
		4 b	5.92	—	—	3.80					
	29. „	4 a	22.47	—	—	9.27	22.27	—	—	8.96	40
		4 b	22.07	—	—	8.65					
	25. Juni	4 a	51.80	—	—	19.57	53.15	—	—	19.71	37
		4 b	54.50	—	—	19.85					
	13. Juli	4 a	75.87	72.00	3.87	12.25	75.74	72.08	3.66	11.48	15
		4 b	75.60	72.15	3.45	10.70					
Volldüngung ohne Stickstoff	9. Mai	5 a	3.55	—	—	4.85	3.88	—	—	5.33	137
		5 b	4.20	—	—	5.80					
	29. „	5 a	6.10	—	—	10.30	6.06	—	—	9.83	162
		5 b	6.02	—	—	9.35					
	25. Juni	5 a	9.00	—	—	6.12	9.15	—	—	6.31	69
		5 b	9.30	—	—	6.50					
	13. Juli	5 a	11.40	10.10	1.30	3.65	11.40	10.23	1.18	3.60	32
		5 b	11.40	10.35	1.05	3.55					

Tabelle 4.

Versuche mit Buchweizen im Jahre 1905 (Aussaat am 20. April).

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge Oberird. Substanz g	Einzelerträge Wurzelmasse g	Mittelerträge Oberird. Substanz g	Mittelerträge Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Ungedüngt	10. Juni	1 a 1 b	4.90 4.95	4.20 5.30	4.93	4.75	96
	20. „	1 a 1 b	9.00 8.92	6.30 5.60	8.96	5.95	66
	1. Juli	1 a 1 b	11.70 11.00	6.52 5.80	11.35	6.16	54
	12. August	1 a 1 b	13.20 13.25	3.30 3.40	13.23	3.35	25
Volldüngung	10. Juni	2 a 2 b	8.47 8.50	5.30 5.70	8.49	5.50	65
	20. „	2 a 2 b	26.90 27.25	15.52 26.60	27.08	21.06	78
	1. Juli	2 a 2 b	58.80 62.50	37.60 38.10	60.65	37.85	62
	12. August	2 a 2 b	125.90 130.00	19.80 19.40	127.95	19.60	15
Volldüngung ohne Phosphorsäure	10. Juni	3 a 3 b	1.50 1.95	2.12 1.70	1.73	1.91	110
	20. „	3 a 3 b	7.30 8.10	5.55 6.10	7.70	5.83	76
	1. Juli	3 a 3 b	15.80 17.90	15.90 15.82	16.85	15.86	94
	12. August	3 a 3 b	83.50 90.90	15.10 16.60	87.20	15.85	18

Noch Tabelle 4.

Düngung:	Tag der Ernte:	Nummer des Gefässes	Erträge an Trockensubstanz: Einzelerträge: Oberird. Substanz g	Einzelerträge: Wurzelmasse g	Mittelerträge: Oberird. Substanz g	Mittelerträge: Wurzelmasse g	Setzt man den Ertrag an oberirdischer Substanz = 100, so berechnen sich für die Wurzelmasse folgende Zahlen
Volldüngung ohne Kali	10. Juni	4 a 4 b	6.00 6.87	2.95 3.20	6.44	3.08	48
	20. "	4 a 4 b	20.20 18.60	12.70 15.30	19.40	14.00	72
	1. Juli	4 a 4 b	47.80 37.70	57.62 60.60	42.75	59.11	138
	12. August	4 a 4 b	113.80 107.70	18.20 18.20	110.75	18.20	16
Volldüngung ohne Stickstoff	10. Juni	5 a 5 b	4.95 5.60	3.70 3.20	5.28	3.45	65
	20. "	5 a 5 b	8.10 8.60	5.35 5.00	8.35	5.18	62
	1. Juli	5 a 5 b	8.30 8.82	6.30 6.20	8.56	6.25	73
	12. August	5 a 5 b	7.40 8.35	2.45 2.10	7.88	2.28	29
Volldüngung mit doppelter Phosphorsäuregabe	10. Juni	6 a 6 b	9.20 9.30	3.77 3.20	9.25	3.49	38
	20. "	6 a 6 b	30.77 30.60	17.60 20.42	30.69	19.01	62
	1. Juli	6 a 6 b	61.30 68.10	68.70 61.62	64.70	65.16	101
	12. August	6 a 6 b	116.60 119.30	18.30 19.10	117.95	18.70	16
Volldüngung mit doppelter Kaligabe	10. Juni	7 a 7 b	6.35 6.22	3.30 2.60	6.29	2.95	47
	20. "	7 a 7 b	18.90 18.80	13.70 13.35	18.85	13.53	72
	1. Juli	7 a 7 b	47.10 50.30	38.60 35.52	48.70	37.06	76
	12. August	7 a 7 b	115.30 123.70	20.40 22.00	119.50	21.20	18

Tabelle 5.
Hafer.

Düngung:	Datum der Ernte:	Mittelerträge an Tr.-S.:		Stickstoffgehalt der Tr.-S.:				Phosphorsäuregehalt der Tr.-S.:				Kaligehalt der Tr.-S.:			
		Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g
Ungedüngt	9. Mai	3.93	11.48	2.52	1.00	0.10	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	11.55	15.88	0.96	0.54	0.11	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	22.45	14.13	0.70	0.49	0.16	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—
	13. Juli	18.65	10.87	0.54	0.60	0.10	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—
Volldüngung	9. Mai	7.91	8.08	5.83	2.43	0.46	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	59.64	45.90	2.17	0.89	1.29	0.41	0.98	0.37	0.58	0.17	2.61	0.84	1.56	0.39
	25. Juni	152.08	88.06	0.82	0.42	1.25	0.37	0.42	0.19	0.64	0.17	1.13	0.61	1.72	0.54
	13. Juli	158.42	55.70	0.71	0.46	1.13	0.26	0.40	0.18	0.63	0.10	1.05	0.25	1.66	0.14
Volldüngung ohne Phosphorsäure	9. Mai	4.72	6.67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	33.55	37.45	—	—	—	—	0.34	0.22	0.11	0.08	—	—	—	—
	25. Juni	110.55	53.20	—	—	—	—	0.13	0.13	0.14	0.07	—	—	—	—
	13. Juli	109.88	34.56	—	—	—	—	0.19	0.17	0.21	0.06	—	—	—	—
Volldüngung ohne Kali	9. Mai	6.43	7.23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	34.81	25.55	—	—	—	—	—	—	—	—	1.01	0.61	0.35	0.16
	25. Juni	115.13	49.55	—	—	—	—	—	—	—	—	0.64	0.26	0.74	0.13
	13. Juli	110.90	44.66	—	—	—	—	—	—	—	—	0.50	0.18	0.56	0.08

Noch Tabelle 5.

Düngung:	Datum der Ernte:	Mittelerträge an Tr.-S.:		Stickstoffgehalt der Tr.-S.:				Phosphorsäuregehalt der Tr.-S.:				Kaligehalt der Tr.-S.:			
		Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g
Volldüngung ohne Stickstoff	9. Mai	3.78	8.34	2.28	1.82	0.09	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. "	10.26	16.19	1.00	0.54	0.10	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	20.67	10.64	0.58	0.61	0.12	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—
	13. Juli	17.03	9.21	0.59	0.65	0.10	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—
Volldüngung mit doppelter Phosphorsäure	9. Mai	8.60	14.24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. "	59.10	48.03	—	—	—	—	1.38	0.50	0.82	0.24	—	—	—	—
	25. Juni	151.85	67.04	—	—	—	—	0.70	0.25	1.06	0.17	—	—	—	—
	13. Juli	159.48	52.03	—	—	—	—	0.45	0.49	0.71	0.25	—	—	—	—
Volldüngung mit doppeltem Kali	9. Mai	9.11	10.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. "	61.53	47.25	—	—	—	—	—	—	—	—	3.34	1.41	2.06	0.67
	25. Juni	160.41	56.58	—	—	—	—	—	—	—	—	1.73	0.59	2.78	0.33
	13. Juli	176.26	49.16	—	—	—	—	—	—	—	—	1.44	0.46	2.53	0.23
Volldüngung mit doppeltem Stickstoff	9. Mai	8.81	6.79	5.72	3.15	0.50	0.21	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. "	51.84	29.30	3.90	1.80	2.02	0.53	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	166.86	70.35	1.31	0.77	2.19	0.54	—	—	—	—	—	—	—	—
	13. Juli	188.55	36.67	1.16	0.89	2.18	0.33	—	—	—	—	—	—	—	—
Doppelte Volldüngung	9. Mai	9.05	7.71	5.64	3.40	0.51	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. "	50.93	28.30	4.39	2.36	2.24	0.67	1.06	0.69	0.54	0.20	4.39	2.33	2.24	0.66
	25. Juni	181.35	60.10	1.47	0.86	2.67	0.52	0.49	0.29	0.89	0.17	1.50	0.58	2.72	0.35
	13. Juli	206.31	46.98	1.07	0.82	2.20	0.39	0.41	0.25	0.85	0.12	1.12	0.39	2.32	0.18

Tabelle 6.

Gerste.

Ungedüngt	9. Mai	3.35	12.21	2.19	1.02	0.07	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	7.35	11.91	1.10	1.05	0.08	0.13	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	11.29	8.85	0.88	0.95	0.10	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—
	10. Juli	9.95	8.60	0.90	1.02	0.09	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—
Volldüngung	9. Mai	12.44	21.49	4.76	1.47	0.59	0.32	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	63.85	51.64	1.31	0.56	0.84	0.29	0.62	0.24	0.40	0.12	1.97	0.37	1.26	0.19
	25. Juni	155.85	60.50	0.86	0.89	1.34	0.54	0.36	0.34	0.56	0.21	1.09	0.54	1.70	0.33
	10. Juli	151.74	58.40	0.80	0.70	1.22	0.41	0.40	0.22	0.61	0.13	1.03	0.21	1.56	0.12
Volldüngung ohne Phosphorsäure	9. Mai	8.45	13.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	36.75	28.01	—	—	—	—	0.25	0.22	0.09	0.06	—	—	—	—
	25. Juni	99.65	28.70	—	—	—	—	0.14	0.26	0.14	0.07	—	—	—	—
	10. Juli	94.13	37.43	—	—	—	—	0.22	0.32	0.21	0.12	—	—	—	—
Volldüngung ohne Kali	9. Mai	10.83	23.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	46.39	39.88	—	—	—	—	—	—	—	—	0.59	0.37	0.27	0.15
	25. Juni	77.53	29.76	—	—	—	—	—	—	—	—	0.51	0.55	0.40	0.16
	10. Juli	76.51	28.75	—	—	—	—	—	—	—	—	0.61	0.29	0.47	0.08
Volldüngung ohne Stickstoff	9. Mai	4.31	12.50	1.86	0.96	0.08	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	8.95	17.70	1.02	0.77	0.09	0.14	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	14.90	11.05	0.72	1.03	0.11	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—
	10. Juli	14.43	10.20	0.76	0.84	0.11	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 7.

Senf.

Düngung:	Datum der Ernte:	Mittelerträge an Tr.-S.:		Stickstoffgehalt der Tr.-S.:				Phosphorsäuregehalt der Tr.-S.:				Kaligehalt der Tr.-S.:			
		Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g	Oberird. Substanz %	Wurzeln %	Oberird. Substanz g	Wurzeln g
Ungedüngt	9. Mai	3.74	4.67	2.80	2.05	0.10	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	7.34	7.78	1.80	1.40	0.13	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	9.13	4.91	1.58	1.30	0.14	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—
	13. Juli	11.53	4.44	0.56	1.03	0.06	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
Volldüngung	9. Mai	8.10	8.79	6.37	1.79	0.52	0.16	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	35.55	22.61	3.71	1.26	1.32	0.28	1.05	0.65	0.37	0.15	3.94	1.29	1.40	0.29
	25. Juni	91.11	49.36	1.52	0.60	1.38	0.30	0.37	0.55	0.34	0.27	1.86	0.66	1.69	0.33
	13. Juli	100.30	21.14	0.60	0.75	0.60	0.16	0.42	0.46	0.42	0.10	1.21	0.74	1.21	0.16
Volldüngung ohne Phosphorsäure	9. Mai	4.31	8.81	6.28	1.82	0.27	0.16	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	19.16	11.25	5.43	2.10	1.04	0.24	0.52	0.65	0.10	0.07	—	—	—	—
	25. Juni	60.41	31.65	2.29	0.81	1.38	0.26	0.29	0.26	0.18	0.08	—	—	—	—
	13. Juli	81.91	15.21	0.68	1.05	0.56	0.16	0.20	0.35	0.16	0.05	—	—	—	—
Volldüngung ohne Kali	9. Mai	5.71	3.51	6.83	4.48	0.39	0.16	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	22.27	8.96	5.44	2.68	1.21	0.24	—	—	—	—	1.09	1.16	0.24	0.10
	25. Juni	53.15	19.71	2.49	1.14	1.32	0.22	—	—	—	—	0.78	0.58	0.41	0.11
	13. Juli	75.74	11.48	1.30	1.19	0.98	0.14	—	—	—	—	0.57	0.40	0.43	0.05
Volldüngung ohne Stickstoff	9. Mai	3.88	5.33	2.87	1.77	0.11	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—
	29. „	6.06	9.83	1.84	1.23	0.11	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—
	25. Juni	9.15	6.31	1.09	0.82	0.10	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
	13. Juli	11.40	3.60	0.60	0.98	0.07	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 8.

Buchweizen.

Ungedüngt	10. Juni	4.93	4.75	2.12	1.88	0.10	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	8.96	5.95	1.23	1.10	0.11	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—
	1. Juli	11.35	6.16	1.02	0.89	0.12	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
	12. Aug.	13.23	3.35	0.89	1.21	0.12	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—
Volldüngung	10. Juni	8.49	5.50	3.82	1.58	0.32	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	27.08	21.06	3.73	1.24	1.01	0.26	0.33	0.90	0.09	0.19	3.99	0.68	1.08	0.14
	1. Juli	60.65	37.85	1.79	0.79	1.09	0.30	0.63	0.24	0.38	0.09	2.47	0.53	1.50	0.20
	12. Aug.	127.95	19.60	1.05	1.19	1.34	0.23	0.48	0.25	0.61	0.05	1.39	0.61	1.78	0.12
Volldüngung ohne Phosphorsäure	10. Juni	1.73	1.91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	7.70	5.83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1. Juli	16.85	15.86	—	—	—	—	0.43	0.22	0.07	0.03	—	—	—	—
	12. Aug.	87.20	15.85	—	—	—	—	0.17	0.25	0.15	0.04	—	—	—	—
Volldüngung ohne Kali	10. Juni	6.44	3.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	19.40	14.00	—	—	—	—	—	—	—	—	1.16	0.43	0.23	0.06
	1. Juli	42.75	59.11	—	—	—	—	—	—	—	—	1.02	0.20	0.44	0.12
	12. Aug.	110.75	18.20	—	—	—	—	—	—	—	—	0.78	0.46	0.86	0.08
Volldüngung ohne Stickstoff	10. Juni	5.28	3.45	2.05	1.75	0.11	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	8.35	5.18	1.40	1.16	0.12	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—
	1. Juli	8.56	6.25	1.23	0.93	0.11	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—
	12. Aug.	7.88	3.28	1.38	1.40	0.11	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
Volldüngung mit doppelter Phosphorsäure	10. Juni	9.25	3.49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	30.69	19.01	—	—	—	—	1.35	0.48	0.41	0.09	—	—	—	—
	1. Juli	64.70	65.16	—	—	—	—	0.95	0.20	0.61	0.13	—	—	—	—
	12. Aug.	117.95	18.70	—	—	—	—	0.75	0.40	0.88	0.07	—	—	—	—
Volldüngung mit doppeltem Kali	10. Juni	6.29	2.95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20. „	18.85	13.53	—	—	—	—	—	—	—	—	5.59	0.95	1.05	0.13
	1. Juli	48.70	37.06	—	—	—	—	—	—	—	—	4.54	0.64	2.21	0.24
	12. Aug.	119.50	21.20	—	—	—	—	—	—	—	—	2.22	0.86	2.65	0.18

Tabelle 9.

Erträge an Pflanzenmasse, Stickstoff, Phosphorsäure und Kali.

Hafer.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
0	0	0	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	15.41	42
			II. „ 29. „		27.43	75
			III. „ 25. Juni		36.58	100
			IV. „ 13. Juli		29.52	81
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.21	91
			II. „ 29. „		0.20	87
			III. „ 25. Juni		0.23	100
			IV. „ 13. Juli		0.17	74
1.5	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	15.99	7
			II. „ 29. „		105.54	44
			III. „ 25. Juni		240.14	100
			IV. „ 13. Juli		214.12	89
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.66	39
			II. „ 29. „		1.70	100
			III. „ 25. Juni		1.62	95
			IV. „ 13. Juli		1.39	82
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.75	93
			III. „ 25. Juni		0.81	100
			IV. „ 13. Juli		0.73	90
			II. Ernte 29. Mai	Kali	1.95	86
			III. „ 25. Juni		2.26	100
			IV. „ 13. Juli		1.80	80
1.5	—	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	11.39	7
			II. „ 29. „		71.00	43
			III. „ 25. Juni		163.75	100
			IV. „ 13. Juli		144.44	88
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.19	70
			III. „ 25. Juni		0.21	78
			IV. „ 13. Juli		0.27	100

Noch Tabelle 9.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
1.5	1.0	—	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	13.66	8
			II. „ 29. „		60.36	37
			III. „ 25. Juni		164.68	100
			IV. „ 13. Juli		155.56	94
			II. Ernte 29. Mai	Kali	0.51	59
			III. „ 25. Juni		0.87	100
			IV. „ 13. Juli		0.64	74
—	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	12.12	39
			II. „ 29. „		26.45	84
			III. „ 25. Juni		31.31	100
			IV. „ 13. Juli		26.24	84
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.24	100
			II. „ 29. „		0.19	79
			III. „ 25. Juni		0.18	75
			IV. „ 13. Juli		0.16	67
1.5	2.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	22.84	10
			II. „ 29. „		107.13	49
			III. „ 25. Juni		218.89	100
			IV. „ 13. Juli		211.51	97
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	1.06	86
			III. „ 25. Juni		1.23	100
			IV. „ 13. Juli		0.96	78
1.5	1.0	3.0	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	19.61	9
			II. „ 29. „		108.78	48
			III. „ 25. Juni		216.99	96
			IV. „ 13. Juli		225.42	100
			II. Ernte 29. Mai	Kali	2.73	88
			III. „ 25. Juni		3.11	100
			IV. „ 13. Juli		2.76	89
3.0	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	15.60	7
			II. „ 29. „		81.14	34
			III. „ 25. Juni		237.21	100
			IV. „ 13. Juli		225.22	95
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.71	26
			II. „ 29. „		2.55	93
			III. „ 25. Juni		2.73	100
			IV. „ 13. Juli		2.51	92

Noch Tabelle 9.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
3.0	2.0	3.0	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	16.76	7
			II. „ 29. „		79.23	31
			III. „ 25. Juni		241.45	95
			IV. „ 13. Juli		253.29	100
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.77	24
			II. „ 29. „		2.91	91
			III. „ 25. Juni		3.19	100
			IV. „ 13. Juli		2.59	81
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.74	70
			III. „ 25. Juni		1.06	100
			IV. „ 13. Juli		0.97	92
			II. Ernte 29. Mai	Kali	2.90	94
			III. „ 25. Juni		3.07	100
			IV. „ 13. Juli		2.50	81

Tabelle 10.

Erträge an Pflanzenmasse, Stickstoff, Phosphorsäure und Kali.

Gerste.

Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	%
0	0	0	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	15.56	77
			II. „ 29. „		19.26	96
			III. „ 25. Juni		20.14	100
			IV. „ 10. Juli		18.55	92
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.19	90
			II. „ 29. „		0.21	100
			III. „ 25. Juni		0.18	86
			IV. „ 10. Juli		0.18	86
1.5	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	33.93	16
			II. „ 29. „		115.49	53
			III. „ 25. Juni		216.35	100
			IV. „ 10. Juli		210.14	97
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.91	48
			II. „ 29. „		1.13	60
			III. „ 25. Juni		1.88	100
			IV. „ 10. Juli		1.63	87

Noch Tabelle 10.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
1.5	1.0	1.5	II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.52	68
			III. „ 25. Juni		0.77	100
			IV. „ 10. Juli		0.74	96
			II. Ernte 29. Mai	Kali	1.45	71
			III. „ 25. Juni		2.03	100
			IV. „ 10. Juli		1.68	83
1.5	—	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	21.79	17
			II. „ 29. „		64.76	49
			III. „ 25. Juni		128.35	98
			IV. „ 10. Juli		131.56	100
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.15	45
			III. „ 25. Juni		0.21	64
			IV. „ 10. Juli		0.33	100
1.5	1.0	—	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	34.39	32
			II. „ 29. „		86.27	80
			III. „ 25. Juni		107.29	100
			IV. „ 10. Juli		105.25	98
			II. Ernte 29. Mai	Kali	0.42	75
			III. „ 25. Juni		0.56	100
			IV. „ 10. Juli		0.55	98
—	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	16.81	63
			II. „ 29. „		26.65	100
			III. „ 25. Juni		25.95	97
			IV. „ 10. Juli		24.63	92
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.20	87
			II. „ 29. „		0.23	100
			III. „ 25. Juni		0.22	96
			IV. „ 10. Juli		0.20	87

Tabelle 11.

Erträge an Pflanzenmasse, Stickstoff, Phosphorsäure und Kali.

Senf.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
0	0	0	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	8.41	53
			II. „ 29. „		15.12	95
			III. „ 25. Juni		14.04	88
			IV. „ 13. Juli		15.97	100
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.20	83
			II. „ 29. „		0.24	100
			III. „ 25. Juni		0.20	83
			IV. „ 13. Juli		0.11	46
1.5	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	16.89	12
			II. „ 29. „		58.16	41
			III. „ 25. Juni		140.47	100
			IV. „ 13. Juli		121.44	86
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.68	40
			II. „ 29. „		1.60	95
			III. „ 25. Juni		1.68	100
			IV. „ 13. Juli		0.76	45
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.52	85
			III. „ 25. Juni		0.61	100
			IV. „ 13. Juli		0.52	85
			II. Ernte 29. Mai	Kali	1.69	84
			III. „ 25. Juni		2.02	100
			IV. „ 13. Juli		1.37	68
1.5	—	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	13.12	14
			II. „ 29. „		30.41	31
			III. „ 25. Juni		92.06	95
			IV. „ 13. Juli		97.12	100
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.43	26
			II. „ 29. „		1.28	78
			III. „ 25. Juni		1.64	100
			IV. „ 13. Juli		0.72	44
			II. Ernte 29. Mai	Phosphorsäure	0.17	65
			III. „ 25. Juni		0.26	100
			IV. „ 13. Juli		0.21	81

Noch Tabelle 11.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
1.5	1.0	—	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	9.22	11
			II. „ 29. „		31.23	36
			III. „ 25. Juni		72.86	84
			IV. „ 13. Juli		87.22	100
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.55	36
			II. „ 29. „		1.45	94
			III. „ 25. Juni		1.54	100
			IV. „ 13. Juli		1.12	73
			II. Ernte 29. Mai	Kali	0.34	62
			III. „ 25. Juni		0.52	100
			IV. „ 13. Juli		0.48	92
—	1.0	1.5	I. Ernte 9. Mai	Trockensubstanz	9.21	58
			II. „ 29. „		15.89	100
			III. „ 25. Juni		15.46	97
			IV. „ 13. Juli		15.00	94
			I. Ernte 9. Mai	Stickstoff	0.20	87
			II. „ 29. „		0.23	100
			III. „ 25. Juni		0.15	65
			IV. „ 13. Juli		0.11	48

Tabelle 12.

Erträge an Pflanzenmasse, Stickstoff, Phosphorsäure und Kali.

Buchweizen.

Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	= 100
0	0	0	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	9.68	55
			II. „ 20. „		14.91	85
			III. „ 1. Juli		17.51	100
			IV. „ 12. August		16.58	95
			I. Ernte 10. Juni	Stickstoff	0.17	94
			II. „ 20. „		0.18	100
			III. „ 1. Juli		0.17	94
			IV. „ 12. August		0.16	89
1.5	1.0	1.5	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	13.99	9
			II. „ 20. „		48.14	33
			III. „ 1. Juli		98.50	67
			IV. „ 12. August		147.55	100
			I. Ernte 10. Juni	Stickstoff	0.41	26
			II. „ 20. „		1.27	81
			III. „ 1. Juli		1.39	89
			IV. „ 12. August		1.57	100

Noch Tabelle 12.

Düngung auf das Gefäss: Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Zeit der Erntenahme:	In der ganzen Pflanze wurde geerntet	g	Setzt man den Höchstertrag an Trockensubstanz, bezw. die Maximalernte an Nährstoffen = 100, so sind in den verschiedenen Stadien geerntet
1.5	1.0	1.5	II. Ernte 20. Juni	Phosphorsäure	0.28	42
			III. „ 1. Juli		0.47	71
			IV. „ 12. August		0.66	100
			II. Ernte 20. Juni	Kali	1.22	64
			III. „ 1. Juli		1.70	89
			IV. „ 12. August		1.90	100
1.5	—	1.5	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	3.64	4
			II. „ 20. „		13.53	13
			III. „ 1. Juli		32.71	32
			IV. „ 12. August		103.05	100
			III. Ernte 1. Juli	Phosphorsäure	0.10	53
			IV. „ 12. August		0.19	100
1.5	1.0	—	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	9.52	7
			II. „ 20. „		33.40	26
			III. „ 1. Juli		101.86	79
			IV. „ 12. August		128.95	100
			II. Ernte 20. Juni	Kali	0.29	31
			III. „ 1. Juli		0.56	60
			IV. „ 12. August		0.94	100
—	1.0	1.5	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	8.73	59
			II. „ 20. „		13.53	91
			III. „ 1. Juli		14.81	100
			IV. „ 12. August		11.16	75
			I. Ernte 10. Juni	Stickstoff	0.17	94
			II. „ 20. „		0.18	100
			III. „ 1. Juli		0.17	94
			IV. „ 12. August		0.16	89
1.5	2.0	1.5	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	12.74	9
			II. „ 20. „		49.70	36
			III. „ 1. Juli		129.86	95
			IV. „ 12. August		136.65	100
			II. Ernte 20. Juni	Phosphorsäure	0.50	53
			III. „ 1. Juli		0.74	78
			IV. „ 12. August		0.95	100
1.5	1.0	3.0	I. Ernte 10. Juni	Trockensubstanz	9.24	7
			II. „ 20. „		32.38	23
			III. „ 1. Juli		85.76	61
			IV. „ 12. August		140.70	100
			II. Ernte 20. Juni	Kali	1.18	42
			III. „ 1. Juli		2.45	87
			IV. „ 12. August		2.83	100

Tabelle 18.

Die Nährstoffmengen, welche die Pflanzen mit zunehmender Entwicklung wieder verloren haben.

Düngung:		Die Pflanze hat, auf das Gefäss gerechnet, verloren:			Setzt man den während der Vegetation erzielten Höchstertrag an Nährstoffen = 100, so hat die Pflanze bis zur IV. Ernteentnahme verloren:		
		Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
Hafer.							
Ungedüngt	von der III.—IV. Ernte	0.06	—	—	26	—	—
Volldüngung	„ „ II.—IV. „	0.31	—	—	18	—	—
	„ „ III.—IV. „	—	0.08	0.46	—	10	20
Volldüngung ohne Phosphorsäure	„ „ — — „	—	—	—	—	—	—
„ „ Kali	„ „ III.—IV. „	—	—	0.23	—	—	26
„ „ Stickstoff	„ „ I.—IV. „	0.08	—	—	33	—	—
„ mit doppelter Phosphorsäure	„ „ III.—IV. „	—	0.27	—	—	22	—
„ „ doppeltem Kali	„ „ III.—IV. „	—	—	0.35	—	—	11
„ „ „ Stickstoff	„ „ III.—IV. „	0.22	—	—	8	—	—
Doppelte Volldüngung	„ „ III.—IV. „	0.60	0.09	0.57	19	8	19
Gerste.							
Ungedüngt	von der II.—IV. Ernte	0.03	—	—	14	—	—
Volldüngung	„ „ III.—IV. „	0.25	0.03	0.35	13	4	17
Volldüngung ohne Phosphorsäure	„ „ — IV. „	—	—	—	—	—	—
„ „ Kali	„ „ III.—IV. „	—	—	0.01	—	—	2
„ „ Stickstoff	„ „ II.—IV. „	0.03	—	—	13	—	—

Noch Tabelle 13.

Düngung:		Die Pflanze hat, auf das Gefäss gerechnet, verloren:			Setzt man den während der Vegetation erzielten Höchstertrag an Nährstoffen = 100, so hat die Pflanze bis zur IV. Erntenahme verloren:		
		Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
Senf.							
Ungedüngt	von der II.—IV. Ernte	0.13	—	—	54	—	—
Volldüngung	„ „ III.—IV. „	0.92	0.09	0.65	55	15	32
Volldüngung ohne Phosphorsäure	„ „ III.—IV. „	0.92	0.05	—	56	19	—
„ „ Kali	„ „ III.—IV. „	0.42	—	0.04	27	—	8
„ „ Stickstoff	„ „ II.—IV. „	0.12	—	—	52	—	—
Buchweizen.							
Ungedüngt	von der II.—IV. Ernte	0.02	—	—	11	—	—
Volldüngung	„ „ — — „	—	—	—	—	—	—
Volldüngung ohne Phosphorsäure	„ „ — — „	—	—	—	—	—	—
„ „ Kali	„ „ — — „	—	—	—	—	—	—
„ „ Stickstoff	„ „ II.—IV. „	0.02	—	—	11	—	—
„ mit doppelter Phosphorsäure	„ „ — — „	—	—	—	—	—	—
„ „ doppeltem Kali	„ „ — — „	—	—	—	—	—	—

Tabelle 14.

Von je 100 Teilen der Gesamt-Erntesubstanz und der in der Gesamternte enthaltenen Nährstoffe entfallen auf oberirdische Substanz und Wurzeln folgende Anteile:

Hafer.

Düngung:	Datum der Erntenahme:	Orgau. Substanz in		Stickstoff in		Phosphorsäure in		Kali in	
		oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile
Ungedüngt	I. Ernte 9. Mai	26	74	48	52	—	—	—	—
	II. „ 29. „	42	58	55	45	—	—	—	—
	III. „ 25. Juni	61	39	70	30	—	—	—	—
	IV. „ 13. Juli	63	37	59	41	—	—	—	—
Volldüngung	I. Ernte 9. Mai	49	51	70	30	—	—	—	—
	II. „ 29. „	57	43	76	24	77	23	80	20
	III. „ 25. Juni	63	37	77	23	79	21	76	24
	IV. „ 13. Juli	74	26	81	19	86	14	92	8
Volldüngung ohne Phosphorsäure	I. Ernte 9. Mai	41	59	—	—	—	—	—	—
	II. „ 29. „	47	53	—	—	58	42	—	—
	III. „ 25. Juni	68	32	—	—	67	33	—	—
	IV. „ 13. Juli	76	24	—	—	78	22	—	—
Volldüngung ohne Kali	I. Ernte 9. Mai	47	53	—	—	—	—	—	—
	II. „ 29. „	58	42	—	—	—	—	69	31
	III. „ 25. Juni	70	30	—	—	—	—	85	15
	IV. „ 13. Juli	71	29	—	—	—	—	88	12

Noch Tabelle 14.

Düngung:	Datum der Erntenahme:	Organ. Substanz in		Stickstoff in		Phosphorsäure in		Kali in	
		oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile
Volldüngung ohne Stickstoff	I. Ernte 9. Mai	31	69	38	62	—	—	—	—
	II. „ 29. „	39	61	53	47	—	—	—	—
	III. „ 25. Juni	66	34	67	33	—	—	—	—
	IV. „ 13. Juli	65	35	63	37	—	—	—	—
Volldüngung mit doppelter Phosphorsäure	I. Ernte 9. Mai	38	62	—	—	—	—	—	—
	II. „ 29. „	55	45	—	—	77	23	—	—
	III. „ 25. Juni	69	31	—	—	86	14	—	—
	IV. „ 13. Juli	75	25	—	—	74	26	—	—
Volldüngung mit doppeltem Kali	I. Ernte 9. Mai	46	54	—	—	—	—	—	—
	II. „ 29. „	57	43	—	—	—	—	75	25
	III. „ 25. Juni	74	26	—	—	—	—	89	11
	IV. „ 13. Juli	78	22	—	—	—	—	92	8
Volldüngung mit doppeltem Stickstoff	I. Ernte 9. Mai	56	44	70	30	—	—	—	—
	II. „ 29. „	64	36	79	21	—	—	—	—
	III. „ 25. Juni	70	30	80	20	—	—	—	—
	IV. „ 13. Juli	84	16	87	13	—	—	—	—
Doppelte Volldüngung	I. Ernte 9. Mai	54	46	66	34	—	—	—	—
	II. „ 29. „	64	36	77	23	78	27	77	23
	III. „ 25. Juni	75	25	84	16	84	16	89	11
	IV. „ 13. Juli	81	19	85	15	88	12	93	7

Tabelle 15.

Von je 100 Teilen der Gesamt-Erntesubstanz und der in der Gesamternte enthaltenen Nährstoffe entfallen auf oberirdische Substanz und Wurzeln folgende Anteile:

Gerste.

Ungedüngt	I. Ernte	9. Mai	22	78	37	63	—	—	—	—
	II. "	29. "	38	62	38	62	—	—	—	—
	III. "	25. Juni	56	44	56	44	—	—	—	—
	IV. "	10. Juli	54	46	50	50	—	—	—	—
Volldüngung	I. Ernte	9. Mai	37	63	65	35	—	—	—	—
	II. "	29. "	55	45	74	26	77	23	87	13
	III. "	25. Juni	72	28	71	29	73	27	84	16
	IV. "	10. Juli	72	28	75	25	82	18	93	7
Volldüngung ohne Phosphorsäure	I. Ernte	9. Mai	39	61	—	—	—	—	—	—
	II. "	29. "	57	43	—	—	60	40	—	—
	III. "	25. Juni	78	22	—	—	67	33	—	—
	IV. "	10. Juli	72	28	—	—	64	36	—	—
Volldüngung ohne Kali	I. Ernte	9. Mai	31	69	—	—	—	—	—	—
	II. "	29. "	54	46	—	—	—	—	64	36
	III. "	25. Juni	72	28	—	—	—	—	71	29
	IV. "	10. Juli	73	27	—	—	—	—	85	15
Volldüngung ohne Stickstoff	I. Ernte	9. Mai	26	74	40	60	—	—	—	—
	II. "	29. "	34	66	39	61	—	—	—	—
	III. "	25. Juni	57	43	50	50	—	—	—	—
	IV. "	10. Juli	59	41	55	45	—	—	—	—

Tabelle 16.

Von je 100 Teilen der Gesamt-Erntesubstanz und der in der Gesamternte enthaltenen Nährstoffe entfallen auf oberirdische Substanz und Wurzeln folgende Anteile:

Senf.

Düngung:	Datum der Erntenahme:	Organ. Substanz in		Stickstoff in		Phosphorsäure in		Kali in	
		oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile
Ungedüngt	I. Ernte 9. Mai	44	56	50	50	—	—	—	—
	II. „ 29. „	49	51	54	46	—	—	—	—
	III. „ 25. Juni	65	35	70	30	—	—	—	—
	IV. „ 13. Juli	72	28	55	45	—	—	—	—
Volldüngung	I. Ernte 9. Mai	48	52	76	24	—	—	—	—
	II. „ 29. „	61	39	83	17	71	29	83	17
	III. „ 25. Juni	65	35	82	18	56	44	84	16
	IV. „ 13. Juli	83	17	79	21	81	19	88	12
Volldüngung ohne Phosphorsäure	I. Ernte 9. Mai	33	67	63	37	—	—	—	—
	II. „ 29. „	63	37	81	19	59	41	—	—
	III. „ 25. Juni	66	34	84	16	69	31	—	—
	IV. „ 13. Juli	84	16	78	22	76	24	—	—

Volldüngung ohne Kali	I. Ernte 9. Mai	62	38	71	29	—	—	—	—
	II. „ 29. „	71	29	83	17	—	—	71	29
	III. „ 25. Juni	73	27	86	14	—	—	79	21
	IV. „ 13. Juli	87	13	88	12	—	—	90	10
Volldüngung ohne Stickstoff	I. Ernte 9. Mai	42	58	55	45	—	—	—	—
	II. „ 29. „	38	62	48	52	—	—	—	—
	III. „ 25. Juni	59	41	67	33	—	—	—	—
	IV. „ 13. Juli	76	24	64	36	—	—	—	—

Tabelle 17.

Von je 100 Teilen der Gesamt-Erntesubstanz und der in der Gesamternte enthaltenen Nährstoffe entfallen auf oberirdische Substanz und Wurzeln folgende Anteile:

Buchweizen.

Ungedüngt	I. Ernte 10. Juni	51	49	59	41	—	—	—	—
	II. „ 20. „	60	40	61	39	—	—	—	—
	III. „ 1. Juli	65	35	71	29	—	—	—	—
	IV. „ 12. August	80	20	75	25	—	—	—	—
Volldüngung	I. Ernte 10. Juni	61	39	78	22	—	—	—	—
	II. „ 20. „	56	44	80	20	32	68	89	11
	III. „ 1. Juli	62	38	78	22	81	19	88	12
	IV. „ 12. August	87	13	85	15	92	8	94	6
Volldüngung ohne Phosphorsäure	I. Ernte 10. Juni	48	52	—	—	—	—	—	—
	II. „ 20. „	57	43	—	—	—	—	—	—
	III. „ 1. Juli	52	48	—	—	70	30	—	—
	IV. „ 12. August	85	15	—	—	79	21	—	—

Noch Tabelle 17.

Düngung:	Datum der Erntenahme:	Organ. Substanz in		Stickstoff in		Phosphorsäure in		Kali in	
		oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile	oberirdischer Substanz Teile	Wurzeln Teile
Volldüngung ohne Kali	I. Ernte 10. Juni	68	32	—	—	—	—	—	—
	II. „ 20. „	58	42	—	—	—	—	79	21
	III. „ 1. Juli	42	58	—	—	—	—	79	21
	IV. „ 12. August	86	14	—	—	—	—	91	9
Volldüngung ohne Stickstoff	I. Ernte 10. Juni	60	40	65	35	—	—	—	—
	II. „ 20. „	62	38	67	33	—	—	—	—
	III. „ 1. Juli	58	42	65	35	—	—	—	—
	IV. „ 12. August	71	29	69	31	—	—	—	—
Volldüngung mit doppelter Phosphorsäure	I. Ernte 10. Juni	73	27	—	—	—	—	—	—
	II. „ 20. „	62	38	—	—	82	18	—	—
	III. „ 1. Juli	50	50	—	—	82	18	—	—
	IV. „ 12. August	86	14	—	—	93	7	—	—
Volldüngung mit doppeltem Kali	I. Ernte 10. Juni	68	32	—	—	—	—	—	—
	II. „ 20. „	58	42	—	—	—	—	89	11
	III. „ 1. Juli	57	43	—	—	—	—	90	10
	IV. „ 12. August	85	15	—	—	—	—	94	6

Tabelle 18.

Im Vergleich zu stickstofffreier, phosphorsäurefreier und kalifreier Düngung wurden bei Volldüngung in der IV. Ernte folgende Mehrerträge an Nährstoffen erhalten.

Pflanze:	Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Auf je 100 Teile der in der Düngung gegebenen Nährstoffe berechnet: Stickstoff Teile	Phosphorsäure Teile	Kali Teile
Hafer	1.23	0.46	1.16	82	46	77
Gerste	1.43	0.41	1.13	95	41	75
Senf	0.65	0.31	0.89	43	31	59
Buchweizen	1.41	0.47	0.96	94	47	64

Tabelle 19.

Im Vergleich zu stickstofffreier, phosphorsäurefreier und kalifreier Düngung wurden bei Volldüngung im Höchstfall folgende Mehrerträge an Nährtoffen erhalten.

Pflanze:	Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Auf je 100 Teile der in der Düngung gegebenen Nährstoffe berechnet: Stickstoff Teile	Phosphorsäure Teile	Kali Teile
Hafer	1.46	0.54	1.39	97	54	93
Gerste	1.65	0.44	1.47	110	44	98
Senf	1.45	0.35	1.50	97	35	100
Buchweizen	1.39	0.47	0.96	93	47	64

Tabelle 20.

Der prozentische Gehalt des Strohes und der Körner an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali bei den verschiedenen Düngungen.

Hafer.

Düngung auf das Gefäss:			Prozentischer Gehalt an					
			Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	
Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner
0	0	0	0.35	1.49	—	—	—	—
1.5	1.0	1.5	0.37	1.33	0.17	0.81	1.28	0.64
1.5	0	1.5	—	—	0.09	0.39	—	—
1.5	1.0	0	—	—	—	—	0.46	0.60
0	1.0	1.5	0.40	1.35	—	—	—	—
1.5	2.0	1.5	—	—	0.23	0.93	—	—
1.5	1.0	3.0	—	—	—	—	1.90	0.58
3.0	1.0	1.5	0.60	2.15	—	—	—	—
3.0	2.0	3.0	0.54	1.89	0.10	0.90	1.45	0.61

Tabelle 21.

Der prozentische Gehalt des Strohes und der Körner an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali bei den verschiedenen Düngungen.

Gerste.

Düngung auf das Gefäss:			Prozentischer Gehalt an					
			Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	
Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner
0	0	0	0.49	1.61	—	—	—	—
1.5	1.0	1.5	0.46	1.44	0.12	0.91	1.15	0.80
1.5	0	1.5	—	—	0.10	0.54	—	—
1.5	1.0	0	—	—	—	—	0.54	0.82
0	1.0	1.5	0.49	1.31	—	—	—	—

Tabelle 22.

Das Verhältnis von Stroh und Körnern bei den verschiedenen Düngungen.

Düngung auf das Gefäss:			Auf je 100 Teile Stroh wurden Teile Körner geerntet	
Stickstoff g	Phosphorsäure g	Kali g	bei Hafer	bei Gerste
0	0	0	24	39
1.5	1.0	1.5	55	55
1.5	0	1.5	49	37
1.5	1.0	0	43	34
0	1.0	1.5	24	45
1.5	2.0	1.5	45	—
1.5	1.0	3.0	55	—
3.0	1.0	1.5	56	—
3.0	2.0	3.0	64	—



Mitteilung der agrik.-chem. Versuchsstation Berlin,
Institut für Versuchswesen und Bakteriologie an
der Königl. Landw. Hochschule.

Die mafsanalytisch-alkalimetrische Methode der Bestimmung der alkalischen Erden in Düngemitteln und Boden.

Von

O. FOERSTER.

Einige Beobachtungen, welche wir bei der Anwendung verschiedener mafsanalytischer Methoden zur Bestimmung der alkalischen Erden machten, haben mich veranlasst, auf Anregung von Herrn Prof. Dr. LEMMERMANN, einige Untersuchungen darüber anzustellen.

Die ältesten Angaben über die mafsanalytisch-alkalimetrische Methode der Bestimmung der alkalischen Erden schreiben für Kalk, Strontian und Baryt ausdrücklich die Verwendung von Salzsäure oder Salpetersäure vor, während die Benutzung der Schwefelsäure nur für die Ermittelung der Magnesia zugestanden wird. Diese Beschränkung des Gebrauchs der Schwefelsäure, welche ja auch als Lösungsmittel dort ausgeschlossen wird, wo es sich um quantitative Bestimmung von Kalk usw. handelt, findet ihre Begründung in der Erwägung der Möglichkeit, dass ihre schwer bezw. nicht löslichen Salze, welche unmittelbar auf der Oberfläche der noch ungelösten Teile der Oxyde, Karbonate und Silikate entstehen, diese teilweise umhüllen und der weiteren Einwirkung der Säure entziehen. Weniger gross, aber immerhin vorhanden, ist diese Gefahr bei Materialien, deren basisch

wirkende Bestandteile ganz oder in der Hauptsache aus kohlensauren Salzen bestehen, einmal wegen der expansiven Wirkung der frei werdenden Kohlensäure, und dann auch, vorausgesetzt, dass die zur Verdünnung der Lösung notwendige Wassermenge in allen Fällen annähernd gleich bemessen wird, deshalb, weil der Menge der gebildeten Sulfate eine verhältnismässig grössere Flüssigkeitsmenge zur Verfügung steht, wodurch die Lösung der schwer löslichen Sulfate begünstigt wird. Auch ein verhältnismässig grosser Überschuss an Schwefelsäure, dem aus naheliegenden praktischen Gründen gewisse enge Grenzen gesetzt sind, ist nicht imstande, die Löslichkeit der gebildeten Sulfate so wesentlich zu erhöhen, dass die Fehlerquelle dadurch ganz beseitigt würde. Ebenso führt weder grössere Verdünnung durch vermehrten Wasserzusatz, noch längere Kochdauer nach dem Zusatz der notwendigen Säuremenge, noch das Zusammenwirken beider Maſsregeln zum Ziele. Auch die mechanische Zerkleinerung des Untersuchungsmaterials bis zu dem äussersten erreichbaren Feinheitsgrade, welcher denjenigen des Feinmehls der Thomasmehle um ein Vielfaches übertrifft, liefert keine einwandfreien Resultate, wie durch Versuche erwiesen wurde. Diese Gründe, welche gegen die Verwendbarkeit der Schwefelsäure für den in Rede stehenden Zweck sprechen, haben bei der Einbringung und Prüfung des auf die Einführung einer Verbandsmethode für die Untersuchung von Kalkdüngemitteln gerichteten Antrages s. Zt. nicht die genügende Beachtung gefunden, obwohl es an Äusserung von Bedenken nicht gefehlt hat. Maſsgebend für die Wahl der Schwefelsäure war offenbar deren allgemeine Bevorzugung den anderen Säuren gegenüber in der Maſsanalyse. Unterstützt wurde der Antrag durch Beleganalysen, welche, soweit aus dem Sitzungsbericht ersichtlich, allerdings nur 2 aus Ätzkalk und kohlensaurem Kalk bestehende Mischkalke mit verhältnismässig niedrigem Kalkgehalt zum Gegenstande hatte, und deren sehr gute Übereinstimmung mit den gewichtsanalytischen Ermittelungen wohl nicht ohne weiteres als beweiskräftig angesprochen werden dürfte.

Die Berechtigung der Bedenken, welche gegen die Verwendung der Schwefelsäure als Normalsäure für die Untersuchung von Kalkdüngemitteln bei der Versuchsstation Dahme bestanden, wurde durch eine Reihe von Versuchen mit den verschiedenartigsten Materialien bestätigt; denn bei Anwendung von Salz-

säure wurde durchgängig ein höherer, durch gewichtsanalytische Bestimmung kontrollierter Kalkgehalt gefunden, als die Verbandsmethode ergab, abgesehen von ganz vereinzelten Fällen der Übereinstimmung, welche sich bei niedrigem Kalkgehalt und Anwesenheit von Kohlensäure zeigte. Die Versuchsstation Dahme hat daher stets mit Bedenken gegen die Anwendung der Schwefelsäure als Normalsäure an Stelle der nach älteren Vorschriften gebräuchlichen, bewährten Salzsäure gekämpft, gegen deren Verwendung nicht das mindeste einzuwenden ist, sofern nur gewisse, in jenen Vorschriften bereits berücksichtigte, durch die Flüchtigkeit der Säure gebotene Konzentrationsverhältnisse derselben eingehalten werden. Sehr zugunsten der Salzsäure spricht auch die Unzulänglichkeit des durch die Anwendung der Schwefelsäure erheischten Verfahrens der Vorbereitung der Proben für die Analyse.

Die Veröffentlichung von Dr. Schulze in Klagenfurt: „Darf man Kalkmergel mit Schwefelsäure titrieren?“ (Chemiker-Zeitung 1906, S. 937), durch welche Zweifel über die Brauchbarkeit der Schwefelsäure für die alkalimetrische Kalkbestimmung in die Öffentlichkeit gedrungen sind, darf nicht mit Stillschweigen übergangen werden, sondern bietet vielmehr dringendsten Anlass zur Prüfung der Angelegenheit.

Da aus der Mitteilung von Dr. Schulze nicht ersichtlich ist, ob die Proben vor der Untersuchung nach der Verbandsvorschrift zur Analyse vorbereitet worden sind, haben die von Dr. Schulze angegebenen Resultate, welche durchgängig zuungunsten der Schwefelsäure sprechen, für die vorliegende Besprechung allerdings nur bedingten Wert. Der Minderbefund bei Anwendung der Schwefelsäure liegt bei diesen Versuchen innerhalb der Grenzen von 2.01—8.28 %.

Die erwähnten, in Dahme begonnenen vergleichenden Untersuchungen über das verschiedene Verhalten der Salzsäure und Schwefelsäure wurden in neuerer Zeit in Berlin wieder aufgenommen und unter peinlichster Befolgung der Verbandsvorschrift, sowie unter Berücksichtigung verschiedener für die Lösung des Gipses in Betracht kommender Bedingungen ausgeführt. Bei allen Versuchen wurde auf Erscheinungen geachtet, welche zur Erklärung der Inferiorität der Schwefelsäure dienen konnten. Wie zu erwarten stand, konnte durch diese Versuche

der Beweis erbracht werden, dass der sich bildende Gips den noch ungelösten Kalk teilweise umhüllt und dadurch einen kleinen Teil desselben der Einwirkung der Schwefelsäure entzieht. Als Untersuchungsmaterialien dienten Ätzkalke, kohlensaure Kalke, Gemische beider, sowie ein gebrannter Graukalk und ein Magnesit. Aus den in der folgenden Tabelle zusammengestellten Untersuchungsergebnissen ist eine gewisse Übereinstimmung zwischen der Höhe des Kalkgehalts des Untersuchungsmaterials und der Grösse des Fehlers der Verbandsmethode ersichtlich, die wohl nicht auf den Zufall zurückzuführen, sondern in der Bildung grösserer oder kleinerer Mengen von Gips begründet sein dürfte. Auffallend ist der Minderbefund nach der Verbandsmethode beim Graukalk und namentlich beim Magnesit, bei welchem ein Unterschied in der Wirkung beider Säuren am wenigsten zu erwarten stand. Allerdings waren beide Materialien sehr reich an Kieselsäure, welche sich augenscheinlich teilweise mit dem gebildeten Gips gleichzeitig aus der Untersuchungssubstanz ausschied und dessen Lösung hemmte. Auch hierin ist ein erschwerender Umstand zu erblicken, welcher gegen die Verwendung der Schwefelsäure spricht.

Bei den nach der Verbandsmethode ausgeführten Analysen sind ausser den Mittelzahlen die Schwankungen im Kalkbefunde angegeben, welche bei den mit Salzsäure ausgeführten Bestimmungen zu gering waren, um erwähnenswert zu sein. Die Analysenbefunde sind auch bei Graukalk und Magnesit auf Kalk berechnet. Für die Ausführung der Verbandsmethode wurde, der Vorschrift entsprechend, 0.25 g, für das Salzsäureverfahren eine einem Gramm Substanz entsprechende Lösungsmenge, angewendet.

Untersuchungsmaterial:	Basische Bestandteile als CaO % berechnet nach:				Minderbefund nach der Verbandsmethode %
	Verbandsmethode (0.25 g)			Salzsäureverfahren (1 g)	
	Mittel	Höchstbefund	Mindestbefund		
Atzkalk aus Marmor . .	74.35	75.38	73.37	81.84	7.49
„ Handelsprodukt .	66.81	68.18	65.43	72.24	5.43
„ „	70.84	70.98	70.70	73.31	2.47
„ „	65.24	65.71	64.76	66.33	1.09
„ „	63.53	63.58	63.47	63.97	0.44

Untersuchungsmaterial:	Basische Bestandteile als CaO % berechnet nach:				Minderbefund nach der Verbandsmethode %
	Verbandsmethode (0.25 g)			Salzsäureverfahren (1 g)	
	Mittel	Höchstbefund	Mindestbefund		
Kohlens. Kalk mit Ätzkalk	45.64	45.98	45.30	46.73	1.09
" " " "	43.26	43.40	43.12	43.62	0.36
Mergel	47.55	48.11	46.98	48.27	0.62
"	31.96	—	—	32.15	0.19
"	30.34	30.39	30.28	30.54	0.20
Gebrannter Graukalk . .	100.31	100.59	100.02	101.40	1.09
Euböa-Magnesit	59.15	60.16	58.14	62.49	3.34

Der Analysenausfall kann bei Anwendung der Verbandsmethode etwas erhöht werden durch Vermehrung des Wasserzusatzes vor und Verlängerung der Kochdauer nach Zusatz der Schwefelsäure, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich, in welcher nur Mittelzahlen angeführt sind.

Untersuchungsmaterial:	Kalkbefund in Prozenten: Kochdauer		Wasserzusatz
	5 Minuten	15 Minuten	ccm
Gebrannter Marmor	74.35	76.51	200
" "	79.97	81.36	400
Euböa-Magnesit	59.15	62.19	200
" "	—	62.50	400

Dr. Schulze konnte einen Einfluss der Kochdauer nicht feststellen, und zwar offenbar aus dem Grunde, weil seine Beobachtungen sich auf zu kurze Zeit, nämlich auf 1, 2 usw. bis 6 Minuten erstreckten. Hätte er die Kochdauer auf $^1/_2$ Stunde ausgedehnt, wie es hier geschehen ist, so würde er auch voraussichtlich eine Erhöhung der Befunde haben beobachten können. Allerdings ist der Mehrbefund bei 15 Minuten Kochdauer und Zusatz von 200 ccm Wasser bei gebranntem Marmor nicht sehr erheblich, während er bei Magnesit den mit Salzsäure ermittelten Gehalt fast erreicht. Durch Anwendung der doppelten Wassermengen dagegen wurde bei gebranntem Marmor schon bei 5 Minuten Kochdauer erheblich mehr und bei 15 Minuten fast der volle Gehalt, bei Magnesit tatsächlich der volle Gehalt gefunden. Abgesehen von der immer noch nicht ganz gehobenen

Unsicherheit ist aber die Einhaltung solcher Verhältnisse in der Praxis zu unbequem, um die Methode rehabilitieren zu können.

Der Grund für die Erhöhung der Resultate durch Anwendung einer grösseren als von der Verbandsmethode vorgeschriebenen Flüssigkeitsmenge liegt auf der Hand. Ein Teil Calciumsulfat erfordert zur Lösung in der Siedehitze 571 Teile Wasser. Für die Lösung der aus 0.25 g Calciumoxyd entstehenden 0.6 g Calciumsulfat würden also 343 ccm siedenden Wassers erforderlich sein. Andererseits vermögen 200 ccm siedenden Wassers nur 0.35 g Calciumsulfat, entsprechend 0.144 g Calciumoxyd, zu lösen, welche bei Anwendung von 0.25 g Substanz einem Kalkgehalt von etwa 58 % gleichkommen. Wenn nun auch durch den angewendeten Überschuss an Normalschwefelsäure die Löslichkeit des Gipses etwas erhöht wird, so reicht die vorgeschriebene Wassermenge von 200 ccm für hochprozentige Kalke doch keineswegs aus.

Für die Unvollständigkeit der Einwirkung der Schwefelsäure konnten bei den hiesigen Untersuchungen untrügliche Anzeichen beobachtet werden. Die nach 5 Minuten langem Kochen durch die Normalsäure nicht gelösten Rückstände von Ätzkalk enthaltenden Proben färbten sich und ihre nächste Umgebung in der nahezu neutralisierten, mit Phenolphthalein versetzten Flüssigkeit durch noch nicht neutralisierte basische Bestandteile rot, während die Rückstände kohlensaurer Kalke noch lange Zeit deutlich Kohlensäure entwickelten.

Nicht einwandfrei ist auch die durch Anwendung von Normalschwefelsäure bedingte Vorbereitung der Proben; denn wenn auch die Möglichkeit zugegeben werden kann, ein Calciumhydroxyd enthaltendes Material ohne Änderung seiner Zusammensetzung in den von der Verbandsmethode vorgeschriebenen Zustand zu versetzen, so kann doch nicht geleugnet werden, dass das Verfahren von der Ziehung der für die Analyse zu verwendenden Durchschnittsprobe an bis zur Vollendung der Vorbereitung mit nicht zu unterschätzenden Fehlerquellen behaftet ist. Es ist bekannt, wie schwierig schon das Ziehen einer richtigen grösseren Durchschnittsprobe von Kalken und Mergeln ist. Diese Schwierigkeit potenziert sich durch die von der Vorschrift erheischte wiederholte Teilung und Zerkleinerung der Proben. Unter anderem erschwert gerade bei Kalkdüngern schon ein mässiger Sandgehalt die Herstellung gleichmässiger

Mischungen und das Abwägen übereinstimmend zusammengesetzter Proben für die Analyse, selbst wenn deren Gewicht 10—20 g erreicht. Hierzu kommt das unvermeidliche Verstäuben und andere durch das Zerkleinern und Sieben verursachte Verluste, deren Grösse im umgekehrten Verhältnis zur verarbeiteten Menge steht. Zudem werden die analytischen Fehler durch die Unzulänglichkeit der anzuwendenden Substanz vervielfacht. Diese Unzuträglichkeiten vermindern sich bei Anwendung der Salzsäure auf ein sehr geringes Maſs oder fallen ganz fort; denn einmal verlangt sie keinen besonders hohen Feinheitsgrad der Probe und dann gestattet sie die Anwendung einer nahezu beliebig grossen Menge zur Analyse.

Ohne auf die als bekannt vorauszusetzende Vorschrift für die Anwendung der Salzsäure (Salpetersäure) für die maſs-analytisch-alkalimetrische Bestimmung der Erdalkalien näher einzugehen, mag hier nur hervorgehoben werden, dass jene Vorschrift im Gegensatz zu der Verbandsvorschrift verlangt, dass nach Zusatz von Normalsäure bis zu deren Vorwalten so viel Normallauge hinzugefügt wird, bis nur noch ein kleiner Überschuss, 1—1.5 ccm etwa, freier Säure vorhanden ist. Dann erst wird zum Kochen erhitzt und zurücktitriert. Diese Maſs-regel ist durchaus notwendig bei Anwendung einerseits von Natronlauge oder nicht vollkommen klarer Barytlauge wegen deren Kohlensäuregehalts und des Phonolphthaleins und auch Azolitmins als Indikator, andererseits wegen deren ganz besonders starker Empfindlichkeit gegen Kohlensäure; denn selbst die geringe aus der Lauge frei werdende Menge von Kohlensäure kann ohne Beobachtung dieser Vorschriftsmaſsregel nicht unerhebliche Fehler verursachen.

Die mit Hülfe von Salzsäure vorgenommene Bestimmung der basisch wirkenden Bestandteile in kalkhaltigen Materialen, welche namentlich auch in der Bodenanalyse Verwendung findet, besteht in folgenden Operationen:

1. Die Probe wird nach der für Düngemittel allgemein geltenden Vorschrift zur Analyse vorbereitet.
2. Von der so vorbereiteten Probe werden bei Ätzkalken 4 oder 5 g, bei kohlensauren Kalken 8 oder 10 g in einen Messkolben von 400 oder 500 ccm Inhalt hineingewogen, mit 200 bezw. 250 ccm $^{1}/_{1}$ n. Salzsäure unter öfterem Umschwenken mehrere Stunden kalt oder $^{1}/_{2}$ Stunde auf dem

Wasserbade behandelt. Hierauf wird bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt und filtriert. Die Lösung hat nunmehr einen halbnormalen Säuregehalt.

3. Von der filtrierten Lösung werden 100 ccm, entsprechend 100 ccm $^1/_2$ n. Salzsäure und 1 g Substanz bei Ätzkalken, oder 2 g bei kohlensauren Kalken, in einen Messkolben von 200 ccm Inhalt hineinpipettiert, nach Zusatz des Indikators bis zum Eintreten des Farbenumschlags mit $^1/_2$ n. Normalnatronlauge und hierauf mit einem Überschuss von 1—2 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure versetzt, zum Kochen erhitzt und einige Minuten darin erhalten, bis die kleinen aufschäumenden Kohlensäureblasen verschwunden und durch die grösseren Wasserdampfblasen verdrängt sind.

4a) Wenn bei sehr reinen Materialien keine oder nur so geringe Ausscheidungen von Sesquiorxyden, dass sie den Umschlag nicht beeinträchtigen, stattgefunden haben, kann mit $^1/_2$ n. Normallauge unmittelbar zurücktitriert werden. Die Anzahl der jetzt verbrauchten ccm $^1/_2$ n. Normallauge ist zu der unter 3 verbrauchten Laugenmenge hinzuzuzählen.

b) In der Regel aber ist es ratsam, die Lösung nach dem Erkalten mit kohlensäurefreiem Wasser auf 200 ccm aufzufüllen, zu filtrieren und von dem Filtrat 100 ccm zu Ende zu titrieren. Die hierfür verbrauchte Anzahl ccm $^1/_2$ n. Normallauge ist zu verdoppeln und der unter 3 verbrauchten Laugenmenge zuzuaddieren.

Hierzu ist folgendes zu bemerken:

Die annähernde Neutralisation der salzsauren Lösungen ist deshalb sehr zu empfehlen, weil dadurch der grösste Teil der Sesquioxyde ausgeschieden und durch die darauf folgende Filtration unschädlich gemacht wird, so dass der Farbenumschlag in dem Filtrat in keiner Weise beeinträchtigt wird. Die Säure muss aber stets vorwalten, um der Ausscheidung von Calciumoxydhydrat und dessen Beseitigung durch die Filtration vorzubeugen. Von der Lösung, deren Herstellung unter 2 beschrieben ist, entsprechen 100 ccm = 100 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure. Für die Berechnung ist also für 1 g Substanz bei Ätzkalken, für 2 g bei kohlensauren Kalken die Anzahl der im ganzen verbrauchten ccm $^1/_2$ n. Normallauge von 100 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure abzuziehen und der Rest mit 0.014 zu multiplizieren.

Beispiel:

a) Ätzkalk. Angewandt 100 ccm Lösung = 1 g Substanz = 100 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure. Verbraucht 33 ccm $^1/_2$ n. Normallauge.
100 — 33 = 67 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure = 0.938 g CaO.
Kalkgehalt = 93.8 %.

b) Kohlensaurer Kalk. Angewandt 100 ccm Lösung = 2 g Substanz = 100 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure. Verbraucht 36 ccm $^1/_2$ n. Normallauge.
100 — 36 = 64 ccm $^1/_2$ n. Normalsäure = 0.896 g CaO.
Kalkgehalt = 44.8 %.

Zum Schluss sei noch darauf aufmerksam gemacht, dass in den Beschlüssen des Verbandes über die Analyse der Kalkdüngemittel die Calciumsilikate wohl nur irrtümlich unter den nicht basisch wirkenden Verbindungen aufgeführt sind. Es bedarf wohl kaum des Hinweises auf die ausserordentlich leichte Zersetzbarkeit der normalen Calciumsilikate, um die Notwendigkeit der Änderung dieses Passus zu begründen. Jedenfalls nehmen die Kalksilikate in der Analyse zweifellos eine Stelle unter den basisch wirkenden Bestandteilen ein; denn die durch Normalsäure entbundene Kieselsäure wird in ihrem Verhalten gegen Lauge nicht als Säure angezeigt. In einem hydratischen Kalksilikat mit 14.4 % Kalk und 52.5 % Kieselsäure konnte nach der eben beschriebenen maſsanalytischen Methode der volle Kalkgehalt nach kurzer Einwirkung noch sehr stark verdünnter kalter $^1/_1$ n. Salzsäure wiedergefunden werden, während die Zersetzung desselben Präparates, nachdem es $^1/_2$ Stunde lang im Gebläse geglüht war, etwas langsamer, aber schliesslich doch ganz vollständig vor sich ging.

Über die Verdaulichkeit verschiedener Sorten Rieselheu im Vergleich zu Wiesenheu gleicher Provenienz.

Von

Dr. KONRAD FRIEDLAENDER,
Assistent am Institut für ldw. Pflanzenproduktionslehre der Universität Breslau.

Das Rieselheu ist bekanntlich charakterisiert durch einen grossen Aschengehalt und durch ausserordentlichen Reichtum an Rohprotein. Während bestes Wiesenheu nicht mehr wie ca. 13 % Rohprotein in der lufttrockenen Substanz = 15—16 % in der Trockensubstanz enthält, gibt KELLNER für Heu von Rieselfeldern in MENTZEL und VON LENGERKES landw. Kalender 3.180 % N = ca. 20 % Rohprotein als Mittelwert an. Diese Tatsache an und für sich dürfte hinreichend bekannt sein, weniger geklärt scheint mir dagegen die Frage, inwieweit der hohe Eiweissgehalt des Rieselheus auch tatsächlich der Produktion dienen, d. h. resorbiert und verwertet werden kann. Von besonderem Interesse ist es dabei, einen Vergleich zu ziehen zwischen Rieselheu und unter ähnlichen Verhältnissen, d. h. im selben Jahre und in derselben Gegend gewachsenem Naturwiesenheu. Ich wählte zu diesem Behufe 3 weit auseinander gelegene Rieselgutswirtschaften, nämlich Heubude bei Danzig, Malchow bei Berlin und Oswitz-Ransern bei Breslau, deren Herren Administratoren resp. Pächter mir die benötigten Heuproben bereitwilligst zur Verfügung stellten. Es ist mir eine angenehme Pflicht, den betreffenden Herren auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Das Rieselheu aus Heubude zeigte merkwürdigerweise, weil es, wie mir mitgeteilt wurde, auf der Wiese und wohl auch während des Transportes stark beregnet war, die charakteristischen

Rieselheueigenschaften mit Ausnahme des Geruchs und der Grobstenglichkeit nur wenig, insbesondere besass es nicht den hohen Aschen- und Proteingehalt (cfr. die Analyse) der anderen Rieselheuarten. Da es sich in der Zusammensetzung von einem normalen Wiesenheu fast gar nicht unterschied, wurde hier von einem Vergleich mit Wiesenheu abgesehen. Der Versuch umfasste demnach 5 Perioden und zwar zuerst 3 Rieselheu-, darauf 2 Wiesenheuperioden. Die ursprüngliche Absicht, die Wiesenheuperiode gleich hinter die entsprechende Rieselheuperiode einzuschalten, wurde aufgegeben, weil die Gefahr vorlag, dass die Versuchstiere nach dem Wiesenheu das weniger aromatische, grobstengliche Rieselheu verschmähen würden. Als Versuchstiere dienten 2 Hammel engl. Kreuzung von ca. 40 kg Gewicht, die wie üblich mit Kotbeutel und Harntrichter armiert in Zwangsställen Aufstellung fanden. Die Versuchsration bestand aus jedesmal 800 g gehäckseltem Heu. Die analytischen Methoden, die angewandt wurden, bieten zu Bemerkungen keinen Anlass, nur bei den ersten beiden Perioden habe ich einer Anregung KELLNERS[1]) folgend untersucht, ob der Zusatz von Säuren zum Trocknen des Kotes irgendwie von Einfluss auf den analytisch feststellbaren Gehalt an Rohfaser ist, wie KELLNER gelegentlich einer früheren Veröffentlichung von mir gemutmasst hat. Für diese Anregung bin ich Herrn Geheimrat KELLNER zu grossem Danke verpflichtet.

Ich gehe nun zu den Versuchen selbst über. Das Rieselheu aus Heubude hatte folgende Zusammensetzung:

Trockensubstanz	75.94 %
Organische Substanz	70.70 „
Rohprotein	11.96 „
Fett	2.02 „
Kohlehydrate	32.18 „
Rohfaser	24.54 „
Eiweiss	9.33 „

Da sich in der Trockensubstanz nur 6.9 % Asche und 15.7 % Rohprotein finden, ist dieses Heu als ein Rieselheu mittlerer Zusammensetzung kaum mehr anzusprechen. Wenn nun auch demgemäss für den eigentlichen Zweck der Untersuchung weniger massgebend, sind die mit diesem Heu erhaltenen Zahlen doch

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 67, S. 283.

deshalb nicht uninteressant, weil sie ein Urteil über den Einfluss der Beregnung auf die Verdaulichkeit gestatten. Die Zusammensetzung der Kote war folgende:

	Kot I	Kot II
Trockensubstanz	91.92	92.40
Organische Substanz	82.50	81.91
Rohprotein	12.90	12.94
Ätherextrakt	3.54	3.42
Kohlehydrate	41.49	39.84
Rohfaser	24.62	25.71
Eiweiss	11.20	12.43

Daraus ergibt sich folgende Nährstoffbilanz:

	Trockensubstanz	Organ. Substanz	Rohprotein	Ätherextrakt	Kohlehydrate	Rohfaser	Eiweiss
Im Futter	607.5	565.6	95.7	16.2	257.4	196.3	74.6
Kot I	271.9	244.1	38.0	10.5	122.8	72.8	33.1
Verdaut:	335.6	321.5	57.7	5.7	134.6	123.5	41.5
Im Futter	607.5	565.6	95.7	16.2	257.4	196.3	74.6
Kot II	283.9	251.4	39.7	10.5	122.3	78.9	38.2
Verdaut:	323.6	314.2	56.0	5.7	135.1	117.4	36.4
Mittel:	329.6	317.8	56.8	5.7	134.8	120.4	38.9
In Prozenten d. Nährstoffe	54.3	55.1	59.3	35.2	52.4	61.3	52.1

Eine aus den Mittelzahlen abgeleitete Berechnung des Stärkewerts ergibt 23.0 kg auf 100 kg, also eine Zahl, die das betr. Heu nach Kellner[1]) als mindergutes Heu charakterisieren würde. Es ist dies hervorgerufen durch die im Verhältnis zu den anderen Nährstoffen — insbesondere zu Rohfaser — recht schlechte Verdauung der stickstofffreien Extraktstoffe. Wahrscheinlich sind hier die leichter löslichen Bestandteile ebenso ausgewaschen worden wie die leichter löslichen Eiweissstoffe und Amidverbindungen, während von der Rohfaser durch die mit der Befeuchtung einsetzende Bakterientätigkeit, mehr wie sonst zu erwarten, verdaulich geworden ist. Die schwerlöslicheren Eiweissstoffe, die der Auswaschung entgangen sind, zeigen die

[1]) Ernährung der landw. Nutztiere, S. 576.

für ähnlich zusammengesetzte Heuarten schon öfters gefundene Verdaulichkeit (cfr. KELLNER l. c.) von ca. 60 %, so dass eine qualitative Schädigung der Verdaulichkeit durch die Beregnung hier nicht zu konstatieren ist.

Ehe ich zu den anderen Rieselheuarten übergehe, sollen hier noch kurz die Resultate der Untersuchung über den Einfluss des Säurezusatzes zum Kot auf den analytisch feststellbaren Rohfasergehalt erwähnt werden. Wie aus den am Schluss zusammengestellten Versuchsdaten hervorgeht, ergab sich bei Hammel I eine Gesamtmenge von 2267 g ohne Säure getrocknetem und von 2367 g unter Zusatz von 15 ccm 10 %iger Salzsäure getrocknetem Kot; für Hammel II entsprechend 2388 g und 2455 g, d. h. pro Tag:

	Hammel I	Hammel II
Kot trocken ohne HCl .	283.4 g	298.5 g
„ mit HCl	296.0 „	306.9 „

Der prozentische Gehalt an Stickstoff und an Rohfaser wurde wie folgt gefunden:

	Kot ohne HCl		Kot mit HCl	
	N	Rohfaser	N	Rohfaser
Hammel I	2.153	25.92	2.056	24.62
„ II	2.107	26.16	2.070	25.71

Das ergibt eine Gesamtausscheidung pro Tag von

	Kot ohne HCl		Kot mit HCl	
	Rohprotein	Rohfaser	Rohprotein	Rohfaser
Hammel I	38.12	73.5	37.87	72.9
„ II	39.25	78.1	39.69	78.9

Daraus geht zweierlei hervor: 1. dass ein Salzsäurezusatz allerdings, wie ich ausdrücklich hervorheben möchte, nur in gewissen Fällen, z. B. bei reiner Heufütterung unnötig ist, da bezüglich des N-gehalts der Unterschied innerhalb der Fehlergrenzen liegt, dass aber aus demselben Grunde bezüglich der Rohfaser eine Einwirkung der Salzsäure nicht festgestellt werden konnte. In der zweiten Periode soll diese Frage auch bei Schwefelsäurezusatz untersucht werden.

Das Rieselheu aus Malchow bei Berlin, das nunmehr verfüttert wurde, besass folgende Zusammensetzung:

Trockensubstanz	85.38 %.
Organische Substanz	76.25 „
Rohprotein	16.79 „
Ätherextrakt	2.42 „
Kohlehydrate	30.81 „
Rohfaser	26.23 „
Eiweiss	12.87 „

Die Kote und zwar die ohne H_2SO_4-Zusatz getrockneten waren folgendermafsen zusammengesetzt:

	Hammel I	Hammel II
Trockensubstanz	92.30 %	92.48 %
Organische Substanz	79.24 „	79.59 „
Rohprotein	13.17 „	13.98 „
Ätherextrakt	4.76 „	4.62 „
Kohlehydrate	32.94 „	34.00 „
Rohfaser	28.37 „	26.95 „
Eiweiss	12.10 „	12.45 „

Der mit 15 ccm 4 %igem H_2SO_4 getrocknete Kot enthielt:

Rohprotein bei Hammel I 12.82 %, bei Hammel II 13.74 %.
Rohfaser „ „ I 26.24 „ „ „ II 27.85 „

Gemäss den Erscheinungen der ersten Periode wurde unbedenklich der ohne Säurezusatz getrocknete Kot zur Berechnung der Nährstoffbilanz benutzt.

	Trockensubstanz	Organ. Substanz	Rohprotein	Ätherextrakt	Kohlehydrate	Rohfaser	Eiweiss
Im Futter	683.0	610.0	134.3	19.4	246.5	209.8	103.0
Kot I	316.6	271.8	45.2	16.3	113.0	97.3	41.5
Verdaut:	366.4	338.2	89.1	3.1	133.5	112.5	61.5
Im Futter	683.0	610.0	134.3	19.4	246.5	209.8	103.0
Kot II	317.1	272.9	47.9	15.8	116.6	92.5	42.7
Verdaut:	365.9	337.1	86.4	3.6	129.9	117.3	60.3
Mittel:	366.2	337.6	87.7	3.3	131.7	114.9	60.9
Verdaut in Prozenten der Nährstoffe	53.6	55.3	65.3	17.0	53.4	54.8	59.1

Der besseren Übersicht halber soll sich hieran gleich das Resultat der IV. Periode schliessen, in der das dieser Periode

entsprechende Wiesenheu gefüttert wurde, vorher sollen nur noch die Resultate der Stickstoff- und Rohfaserbestimmungen in dem mit H_2SO_4 versetzten Kot mitgeteilt werden.

	Kot I		Kot II	
	ohne H_2SO_4 343 g p. d.	mit H_2SO_4 350 g p. d.	ohne H_2SO_4 342.9 g p. d.	mit H_2SO_4 351.6 g p. d.
Rohprotein . .	45.2 g	44.9 g	47.9 g	48.3 g
Rohfaser . . .	97.3 „	91.8 „	92.5 „	97.5 „

Während sich also im Stickstoffgehalt wieder dieselbe Übreinstimmung wie bei der 1. Periode zeigt, ist bei dem Rohfasergehalt allerdings ein Unterschied zu konstatieren, nur ist leider bald bei dem mit Säure bald bei dem ohne Säure getrockneten Kot die Rohfasermenge grösser. Allerdings ist die Latitüde bei Rohfaserbestimmungen so erheblich, dass sie die aufgetretenen Unterschiede beinahe zu erklären vermag, da bei den in Frage kommenden 4 Analysen ein Fehler von $\pm$ 0.3 % schon ausreicht, um das Endresultat um $\pm$ 5 g falsch zu machen, wie beifolgendes Beispiel zeigt:

Im Heu Rohfaser	209.8 g $\pm$ 2.4 g
Kot I mit H_2SO_4	91.8 „ $\pm$ 1.0 „
Verdaut:	118.0 g $\pm$ 2.6 g.
Im Heu Rohfaser	209.8 g $\pm$ 2.4 g
Kot I ohne H_2SO_4	97.3 „ $\pm$ 1.0 „
Verdaut:	112.5 g $\pm$ 2.5 g.

Die merkwürdig gute Übereinstimmung der Rohfaserbestimmungen bei der ersten Periode ist wohl darauf zurückzuführen, dass sich dort zufällig die Fehler ebenso subtrahiert haben können, wie sie sich hier addiert haben. Ein sicheres Urteil lässt sich daher über die Wirkung des H_2SO_4-zusatzes nicht fällen, indessen möchte ich aus der Beobachtung, dass Filtrierpapier, das mit der benutzten verdünnten Schwefelsäure befeuchtet war, sich nach 24 stündigem Trocknen stark verkohlt zeigte, doch schliessen, dass Schwefelsäurezusatz nicht ganz einflusslos bleiben kann. Ich kehre nunmehr zum Thema zurück.

Das Wiesenheu aus Malchow hatte folgende Zusammensetzung:

Trockensubstanz	Organ. Substanz	Rohprotein	Ätherextrakt	Kohlehydrate	Rohfaser	Eiweiss
87.85	81.79	10.20	3.24	41.01	27.34	8.29

In den Koten fand sich:

	Kot I	Kot II
Trockensubstanz . . .	93.95 %	93.78 %
Organische Substanz .	85.08 „	84.45 „
Rohprotein	10.69 „	10.70 „
Ätherextrakt	4.06 „	3.95 „
Kohlehydrate	41.45 „	40.82 „
Rohfaser	28.88 „	28.98 „
Eiweiss	9.89 „	9.91 „

Daraus berechnet sich die Nährstoffbilanz.

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Gesamt-protein	Äther-extrakt	Kohle-hydrate	Rohfaser	Eiweiss
Im Futter	702.8	654.3	81.6	25.9	328.1	218.7	66.3
Kot I	301.1	272.7	34.3	13.0	132.8	92.6	31.7
Verdaut:	401.7	381.6	47.3	12.9	195.3	126.1	34.6
Im Futter	702.8	654.3	81.6	25.9	328.1	218.7	66.3
Kot II	305.0	274.7	34.8	12.8	132.8	94.3	32.2
Verdaut:	397.8	379.6	46.8	13.1	195.3	125.2	34.1
Mittel:	399.7	380.6	47.1	13.0	195.3	125.2	34.3
Verdaut in Prozenten der Nährstoffe	56.9	58.2	57.7	50.2	59.5	57.2	51.7

Aus den mitgeteilten Zahlen berechnet sich der Stärkewert des Rieselheus zu 24.0 kg pro D.-Ztr., der des Wiesenheus zu 31.9 kg, wonach man das Rieselheu zu den mittelguten, das Wiesenheu zu den guten Heusorten zu rechnen hätte. Vergleicht man die Verdauungskoeffizienten, so findet sich ein höherer Wert beim Rieselheu nur für das Rohprotein und das Eiweiss, während die übrigen sämtlich um ein weniges zurückblieben, von Ätherextrakt ganz abgesehen, der bei der Undefinierbarkeit seiner Bestandteile sowieso keine bemerkenswerte Rolle zu spielen vermag. Es wäre aber voreilig, hieraus verallgemeinerungsfähige Schlüsse zu ziehen und es wird sich bei den nächsten Vergleichsreihen zeigen, welche Unterschiede als einigermaſsen konstant und welche zunächst noch als variabel zu gelten haben.

Die beiden Heuarten Riesel- resp. Wiesenheu aus Oswitz-Ransern bei Breslau nebst den Koten der entsprechenden Perioden besassen folgende Zusammensetzung:

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Gesamt-protein	Äther-extrakt	Kohle-hydrate	Rohfaser	Eiweiss
Rieselheu	85.74	78.01	18.45	1.89	29.55	28.12	14.71
Wiesenheu	85.01	78.09	11.59	3.58	36.39	27.54	10.03
Rieselheu Kot I	94.46	81.80	16.94	4.04	37.68	23.14	15.83
Rieselheu „ II	94.32	82.54	17.87	4.98	33.86	25.83	16.77
Wiesenheu Kot I	94.17	83.75	12.50	3.87	42.20	25.18	11.68
Wiesenheu „ II	94.23	83.27	11.63	3.89	41.10	26.65	10.66

Daraus berechnen sich folgende Nährstoffbilanzen.

Rieselheu Oswitz.

Im Futter	685.9	624.1	147.6	15.1	236.4	225.0	117.7
Kot I	299.8	259.6	53.8	12.8	119.6	73.4	50.2
Verdaut:	386.1	364.5	93.8	2.3	116.8	151.6	67.5
Im Futter	685.9	624.1	147.6	15.1	236.4	225.0	117.7
Kot II	292.8	256.2	55.5	15.5	105.1	80.2	52.1
Verdaut:	393.1	367.9	92.1	— 0.4	131.3	144.8	65.6
Mittel:	389.6	366.2	92.9	[1.0]	124.0	148.2	66.6
Verdaut in Prozenten der Nährstoffe	56.8	58.7	62.9	[6.4]	52.4	65.9	56.6

Wiesenheu Oswitz.

Im Futter	680.1	624.7	92.7	28.2	290.6	220.3	80.2
Kot I	273.1	242.9	36.3	11.2	122.4	73.0	33.9
Verdaut:	407.0	381.8	56.4	17.0	168.2	147.3	46.3
Im Futter	680.1	624.7	92.7	28.2	290.6	220.3	80.2
Kot II	307.1	271.3	37.9	12.7	133.9	86.8	34.7
Verdaut:	373.0	353.4	54.8	15.5	156.7	133.5	45.5
Mittel:	390.0	367.6	55.6	16.2	162.6	140.4	45.9
Verdaut in Prozenten der Nährstoffe	57.3	58.8	60.0	57.4	55.9	63.7	56.0

Aus den Mittelzahlen ergibt sich ein Stärkewert von 30.6 kg für das Wiesenheu und von 25.6 kg für das Rieselheu, so dass auch hier das Rieselheu den mittleren, das Wiesenheu den guten Heusorten zuzurechnen wäre. Ich lasse noch eine Zusammenstellung der ermittelten Verdauungskoeffizienten folgen.

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Roh-protein	Äther-extrakt	Kohle-hydrate	Rohfaser	Eiweiss
Heubuder Rieselheu . .	54.3	56.1	59.3	35.2	52.4	61.3	52.1
Malchower Rieselheu . .	53.6	55.3	65.3	17.0	53.4	54.8	59.1
„ Wiesenheu . .	56.9	58.2	57.7	50.2	59.5	57.2	51.7
Oswitzer Rieselheu . . .	56.8	58.7	62.9	[6.4]	52.4	65.9	56.6
„ Wiesenheu . .	57.3	58.8	60.0	57.4	55.9	63.7	56.0

Daraus geht mit ziemlicher Sicherheit hervor, dass die Verdaulichkeit des Rohproteins deutlich, die des Echtproteins immer noch merkbar besser beim Rieselheu ist, was bei dem grossen N-Reichtum aller Rieselheusorten einen erheblichen Mehrwert gegenüber dem Wiesenheu bedeutet. Bezüglich der N-freien Stoffe verhält es sich aber umgekehrt; allerdings ist das Bild etwas verworrener, besonders durch die grosse Verdaulichkeit der Rohfaser des Oswitzer Rieselheus, indessen lässt sich doch mit Sicherheit sagen, dass das Rieselheu bei seinem absolut genommen geringeren Gehalt an stickstofffreien Nährstoffen insbesondere an Kohlehydraten das Wiesenheu in dieser Beziehung nicht erreichen kann. Das geht auch mit genügender Sicherheit aus den berechneten Stärkewerten hervor, die für die beiden Riesel- und Wiesensorten annährend übereinstimmende Werte ergeben. In der folgenden Tabelle ist der Gehalt an Rohnährstoffen und verdaulichen Nährstoffen nochmals zusammengestellt.

(Siehe die Tabelle auf S. 254.)

Dabei möchte ich nur noch auf einen Punkt hinweisen: Der Wert eines Futtermittels wird durch die beiden Grössen verdauliches Eiweiss und Stärkewert repräsentiert, so dass für ein und dasselbe Futtermittel sich Mehr- oder Minderwert durch direkten Vergleich der für diese Faktoren gefundenen Zahlen ergibt. Eine so ermittelte Wertskala lässt sich aber auf ein

anderes Futtermittel nicht übertragen, oder um ein sehr grobes Beispiel zu gebrauchen, einen Ölkuchen wird man unter ganz anderen Bedingungen gut oder schlecht nennen als z. B. eine Kleie. So darf man die Wertskala des Wiesenheus auch nicht ohne weiteres auf Rieselheu übertragen, sondern muss bei seiner Bewertung den im verdaulichen Eiweiss und Stärkewert je zum Ausdruck kommenden Eigentümlichkeiten Rechnung tragen.

In der Trockensubstanz.

		Organ. Substanz	Roh-protein	Äther-extrakt	Kohle-hydrate	Rohfaser	Eiweiss	Stärke-wert
Rieselheu Heubude	Roh-Nährstoffe	93.10	15.75	2.66	42.38	32.31	12.27	23.9
	Verdaul. „	52.3	9.3	[0.9]	22.2	19.8	6.4	
Rieselheu Malchow	Roh-Nährstoffe	89.31	19.66	2.83	36.09	30.72	15.07	24.0
	Verdaul. „	49.4	12.8	[0.5]	19.3	16.8	8.9	
Wiesenheu Malchow	Roh-Nährstoffe	93.10	11.61	3.69	46.68	31.12	9.44	32.0
	Verdaul. „	54.2	6.7	1.9	27.8	17.8	4.9	
Rieselheu Oswitz	Roh-Nährstoffe	90.98	21.52	2.20	34.46	32.80	17.16	25.6
	Verdaul. „	53.4	13.5	—	18.1	21.6	9.7	
Wiesenheu Oswitz	Roh-Nährstoffe	91.86	13.63	4.15	42.74	32.40	11.79	31.7
	Verdaul. „	54.0	8.2	2.4	23.9	20.6	6.6	

Während der Niederschrift dieser Arbeit erschien eine Veröffentlichung von VOLHARD über ein ähnliches Thema, mit der ich mich wegen der darin gefundenen, von den meinigen nicht unerheblich abweichenden Werten etwas befassen muss. VOLHARD findet bei seinem Hiefelheu aus Falkenberg ganz ausserordentlich hohe Verdauungskoeffizienten, u. a. beim Rohprotein im Mittel 71.4 %, Zahlen, die man, glaube ich, nicht als Mittelzahlen mehr ansehen kann. Sie nähern sich jedenfalls dem Verdaulichkeitsmaximum, das bei Heu beobachtet worden ist (cfr. KELLNER, Die Ernährung der landw. Nutztiere, Anhang, Tab. II),[1]) und ich glaube nicht, dass man mit einem Durchschnittsrieselheu, das nicht die vorzügliche Zusammensetzung des von VOLHARD verwandten zeigt, solche Zahlen wird erhalten können. Inwieweit das der Fall sein kann, werden vielleicht spätere Versuche

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 68, Heft 1.

lehren und es ist jedenfalls interessant, dass die Verdaulichkeit zweier so in der Zusammensetzung ähnlicher Heusorten, wie z. B. des Oswitzer und des Falkenberger Rieselheus, so differieren kann.

Bezüglich des von Volhard erwähnten Salpetergehalts habe ich leider keine entsprechenden Analysen mehr machen können, da die noch vorhandene Analysensubstanz z. T. dazu benutzt werden musste, festzustellen, ob die angewandte analytische Methode (Kjeldahlmethode unter Zusatz von 10 ccm 4 $^0/_0$iger Phenolschwefelsäure) auch ausreichend gewesen war, um event. vorhandenen Salpeter-N zu fassen. Die Kontrollanalyse mit Zusatz von Zn ergab nur einige Tausendstel-Prozent Stickstoff mehr, oder auf Rohprotein in der lufttrockenen Substanz umgerechnet z. B. beim Malchower Rieselheu statt 16.79 $^0/_0$ 16.81 $^0/_0$, also eine innerhalb der Fehlergrenze liegende Abweichung. Bei Rieselheu-Extrakten mag wegen der Anwesenheit geringerer Mengen organischer Substanz das Resultat anders ausfallen. Die für die Beurteilung des Rieselheus nicht unwichtige Bestimmung des Salpeter-N muss ich mir daher für spätere Gelegenheit aufsparen.

Wenn ich zuletzt noch versuche, die von mir und von Volhard gefundenen Zahlen zu einer zusammenfassenden Bewertung des Rieselheus zu kombinieren, so bin ich mir der beschränkten Gültigkeit der Zahlen vollauf bewusst und gebe sie jedenfalls mit dem ihnen anhaftenden Fehler an, um einer falschen Beurteilung vorzubeugen. Weil die von Volhard benutzten Rieselheusorten jedenfalls zu den besten gehören, habe ich nicht Bedenken getragen, auch das Heubuder Heu, das zu den minderwertigeren Sorten zu zählen wäre, mit heranzuziehen, um damit einen gewissen Ausgleich zu schaffen.

	Gehalt an verdaul. Eiweiss in der Trockensubstanz	Stärkewert
Älteres Heu Falkenberg	8.3	29.1
Jüngeres Heu Falkenberg	10.8	30.5
Heubuder Heu	6.4	23.9
Malchower Heu	8.9	24.0
Oswitzer Heu	9.7	25.6
	44.1	133.1
Mittel:	8.8 ± 0.7	26.6 ± 1.4

Für das Eiweiss ergibt sich demnach eine ganz brauchbare Zahl; auch der Stärkewert ist nur mit einem mässigen Fehler behaftet, der sich wohl auch sofort vermindern wird, sobald eine grössere Zahl von Beobachtungen zur Verfügung steht. Von einer aus den mitgeteilten Zahlen zu entnehmenden Geldwertsberechnung habe ich bei dem für jede Wirtschaft besonders für das Kilogramm Stärkewert anders zu normierenden Preise,[1]) abgesehen.

Am Schluss möchte ich nicht versäumen, Herrn Professor Pfeiffer für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine wertvollen Ratschläge bei der Ausführung derselben meinen ergebensten Dank auszusprechen.

---

[1]) Cfr. Ehrenberg, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, Heft 3.

Anhang.

I. Periode.

Datum:	Hammel I: Kot frisch	Kot trocken	Kot mit HCl	Gewicht kg	Hammel II: Kot frisch	Kot trocken	Kot mit HCl	Gewicht kg
28. November . . .	672	238	287	42.9	782	317	325	42.3
29. " . . .	710	279	286		751	306	311	
30. " . . .	705	276	283		764	285	293	
1. Dezember . . .	744	290	297		833	290	295	
2. " . . .	746	299	304		1004	294	305	
3. " . . .	747	289	301		716	270	277	
4. " . . .	723	294	301		792	293	302	
5. " . . .	769	302	308	41.9	889	333	347	41.2
Summa:	5816	2267	2367		6531	2388	2455	
Pro Tag:	727.0	283.4	295.9		816.4	298.5	306.9	

II. Periode.

Datum:	Hammel I: Kot frisch	Kot trocken	Kot mit H_2SO_4	Gewicht kg	Hammel II: Kot frisch	Kot trocken	Kot mit H_2SO_4	Gewicht kg
12. Dezember . . .	1021	346	354	41.5	1002	348	352	40.6
13. " . . .	1040	352	361		1113	371	380	
14. " . . .	1084	346	341		913	293	302	
15. " . . .	1096	332	352		1113	376	387	
16. " . . .	1192	344	363		930	315	313	
17. " . . .	1181	353	338		1133	368	385	
18. " . . .	1028	345	354		1065	347	357	
19. " . . .	907	326	337	41.6	1001	325	337	39.7
Summa:	8549	2744	2800		8270	2743	2813	
Pro Tag:	1068.6	343.0	350.0		1033.7	342.9	351.6	

Datum:	Hammel I: Kot frisch	Hammel I: Kot trocken	Hammel I: Kot mit H_2SO_4	Hammel I: Gewicht kg	Hammel II: Kot frisch	Hammel II: Kot trocken	Hammel II: Kot mit H_2SO_4	Hammel II: Gewicht kg
			III. Periode.					
9. Januar	1086	348	—	42.1	895	299	—	39.8
10. "	1001	329	—		1023	332	—	
11. "	914	303	—		878	292	—	
12. "	898	303	—		852	293	—	
13. "	951	325	—		992	320	—	
14. "	914	339	—		955	312	—	
15. "	851	273	—		933	314	—	
16. "	1021	319	—	39.0	948	321	—	36.2
Summa:	7636	2539	—		7476	2483	—	
Pro Tag:	954.5	317.4	—		934.5	310.4	—	
			IV. Periode.					
24. Januar	707	315	—	38.6	761	315	—	36.0
25. "	668	295	—		818	313	—	
26. "	691	311	—		998	370	—	
27. "	733	319	—		761	268	—	
28. "	752	327	—		961	326	—	
29. "	798	346	—		1030	342	—	
30. "	767	381	—		1088	338	—	
31. "	739	320	—	39.9	1047	330	—	38.0
Summa:	5855	2564	—		7464	2602	—	
Pro Tag:	731.9	320.5	—		933.0	325.3	—	
			V. Periode.					
6. Februar	811	323	—	40.3	811	335	—	37.9
7. "	721	295	—		918	349	—	
8. "	684	281	—		736	303	—	
9. "	660	269	—		796	334	—	
10. "	776	287	—		760	313	—	
11. "	707	278	—		790	330	—	
12. "	745	297	—		744	317	—	
13. "	[845]	—	—		[876]	—	—	
Summa:	5144	2030	—		5625	2281	—	
Pro Tag:	734.9	290.0	—		803.6	325.9	—	

Beiträge zur Ammoniakfrage. I.

Von

PAUL EHRENBERG.

(Hierzu Tafel I.)

Die nachfolgend wiedergegebenen Versuche wurden durchgeführt, um Lücken, welche sich bei einer zusammenfassenden Behandlung der sogenannten „Ammoniakfragen“[1]) im Wissen der heutigen Agrikulturchemie gezeigt zu haben schienen, ausfüllen zu helfen.

Ich habe mich seit mehreren Jahren vorwiegend mit Fragen der Verarbeitung und Umsetzung des Ammoniakstickstoffs durch unseren Ackerboden und seine Flora befasst. Obwohl dabei bakterielle Probleme für mich ganz besonders in Betracht kamen, konnte ich mir nach einiger Beschäftigung mit diesen Fragen nicht darüber im Unklaren sein, dass eine einseitige Behandlung, sei es durch Feldversuche allein, sei es nur durch bakteriologische Prüfung und Versuchsanstellung, durchaus nicht in der Lage sein könnte, unser Wissen einen Schritt weiter zu führen. Ich musste mich vielmehr zu der Ansicht, die ja schon mehrfach geäussert worden ist, bekennen, dass Feldversuche die wissenschaftliche Seite unseres Wissens von der Bedeutung der Ammoniakverbindungen für den Acker so lange nicht fördern können, als wir nur verhältnismässig wenige von den vielerlei Einwirkungen zu beurteilen vermögen, denen das Ammoniak im Boden unterliegt. Weiterhin konnte auch die bakterielle Seite der Frage nicht ohne dauernde Heranziehung chemischer Probleme in fruchtbarer Weise bearbeitet werden, und auch physikalische Momente blieben zu würdigen.

---

[1]) EHRENBERG, Mitteilungen der Landw. Institute der Universität Breslau Bd. IV, Heft 1 und 2, 1907.

Die auf dieser Grundlage geplante weitere Bearbeitung des Verhaltens der Ammoniakverbindungen im Boden bin ich nun leider in der bisherigen Weise durchzuführen nicht in der Lage. Einmal übersteigt der Umfang der notwendigen Untersuchungen mit der wachsenden Verzweigung der sich bei näherem Eingehen auf ein Sondergebiet öffnenden Wege naturgemäss gar bald die Kraft des Einzelnen. Besonders aber muss ich damit rechnen, dass mir in Zukunft nicht mehr die für ein so ausgedehntes Arbeitsgebiet unumgänglich nötigen Mittel zur Verfügung stehen werden. Ich sehe mich daher gezwungen, in folgendem eine Reihe von Untersuchungen mitzuteilen, die ich gern erst nach weiterer Bearbeitung und besserer Klärung der Öffentlichkeit übergeben hätte. In ihrer jetzigen Form können sie natürlicherweise nur unvollständig erscheinen; indes hoffe ich, dass ihre Mitteilung trotzdem nicht ganz zwecklos ist. Die dazu gehörige Ergänzung nach der bakteriellen Seite hin wird später folgen.

Reaktionsänderungen durch Stickstoffdüngung.

Die Tatsache, dass von bestimmten Salzen der eine Bestandteil in grösserem Umfange durch die Pflanze aufgenommen wird als der andere, ist bereits lange bekannt.[1]) Während man sich früher die Erklärung hierfür in der Weise zurechtlegte, dass man zunächst Aufnahme des ganzen Salzes und dann Wiederausscheidung des unbrauchbaren Bestandteiles in anderweitiger Bindung annahm,[2]) wird der betreffende Vorgang heut wohl zumeist in anderer Weise erklärt, nachdem die alten Anschauungen, die der Pflanze nahezu ähnliche Ausscheidungsfähigkeit beimaſsen wie dem Tier, ihren Einfluss wesentlich verloren haben.[3]) Man stellt es so dar, dass die Pflanze den einen Komponenten, des Salzes, Base oder Säure, schneller auf-

---

[1]) Die ersten derartigen Beobachtungen hat wohl Knop gemacht. Vergl. z. B. Annalen der Chemie und Pharmazie Bd. 129, S. 308 und folgende, 1864.

[2]) So z. B. Knop, Chemisches Zentralblatt, Neue Folge, 6. Jahrgang, I. Bd., 1861, S. 578. Stohmann, Journal für Landwirtschaft, Neue Folge, Bd. 9, S. 70, 1864.

[3]) Auch über den neuesten Versuch, eine solche „Ausscheidung" festzustellen (vergl. Landw. Versuchs-Stationen 1906, Bd. 63, S. 1), dürften in Fachkreisen noch geteilte Ansichten herrschen.

braucht, als den anderen.[1] Auf den eigentlichen Vorgang dabei ist man meines Wissens noch nicht näher eingegangen, und auch ich will ihn hier nur flüchtig streifen.

Die Erklärung, weshalb in diesem Fall der physiologisch sauren bezw. basischen Salze, wie ADOLF MAYER ihn bezeichnete,[2] die Tätigkeit der Pflanze gewissermaſsen eine Spaltung des Salzes herbeiführt, würde ich etwa in folgender Form zu geben versuchen.

Nimmt man der Einfachheit wegen an, dass die Bodenlösung nur $NaNO_3$ und dazu aus der Wurzel, welche sie in nicht geringen Mengen ausscheidet,[3] stammende Kohlensäure enthält, so wird sich zwischen diesen beiden Verbindungen ein Gleichgewicht bilden, so dass die Bodenlösung $NaHCO_3$, $NaNO_3$, H_2CO_3 und HNO_3 enthält, saures kohlensaures Natron und Salpetersäure natürlich nur in ganz geringen Mengen. Oder vielmehr, die Lösung enthält die betreffenden Verbindungen in dissoziiertem Zustande, was hier allerdings wohl nicht weiter wichtig ist. Die Salze und Säuren verbreiten sich nun natürlich in der Bodenlösung und kommen so in die Nähe der Wurzelhaare, diffundieren auch, als dazu fähige Stoffe, durch deren Zellwand und kommen so mit dem ihr anliegenden Plasmaschlauch in Berührung. Auch dieser wird von den Verbindungen durch osmotische Wirkung aufnehmen, mit Ausnahme der H_2CO_3, die in dem Plasma durch dessen Lebenstätigkeit entsteht und nach aussen abgegeben wird. Ihre Konzentration wird also in dem Plasma zu stark sein, als dass sie aus der Bodenlösung in dasselbe hineingelangen könnte; im Gegenteil, das Umgekehrte muss der Fall sein. Dagegen werden anfänglich $NaHCO_3$, $NaNO_3$, HNO_3 in das Plasma hineindiffundieren. Dann wird bald die Konzentration des $NaHCO_3$ in dem Plasma der Aussenkonzentration gleich sein, und daher, zumal die Pflanze dies

[1] So u. a. bei PRIANISCHNIKOW, Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft 1905, Bd. 23, S. 8.

[2] ADOLF MAYER, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 26, S. 94, 1881.

[3] Vergl. u. a. EHRENBERG, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, S. 481, 1908. Vergl. ausser anderer dort angeführter Literatur noch KOSSOWITSCH, Journal für experimentelle Landwirtschaft 1904, Bd. 5, S. 498, wo es z. B. heisst: „Die Pflanzenwurzeln scheiden Kohlensäure in sehr bedeutenden Mengen aus, die nicht ignoriert werden dürfen.“ Ferner KNOP, Annalen der Chemie und Pharmazie Bd. 129, S. 300, 1864.

Salz verhältnismässig langsam verarbeiten und an andere Stellen ihres Leibes hinführen wird, unter nur geringer Veränderung sich auf diesem Standpunkt halten, demgemäss nicht zu weiterer Entnahme aus der Bodenlösung Veranlassung geben. Es bleibt noch $NaNO_3$ und HNO_3. Das salpetersaure Natron wird zunächst ebenfalls aufgenommen werden und im Plasma der Pflanze wohl derart Verwendung finden, dass der eine seiner Komponenten, die Salpetersäure, sei es in der Wurzel, sei es an anderem Ort der Pflanze, zu Eiweiss verarbeitet wird, der andere dagegen, das Natrium, an Kohlensäure gebunden wird. Für den Bedarf der Pflanze wird dieses, da bereits $NaHCO_3$ eindiffundierte, nicht erheblich in Frage kommen; wohl aber reichert sich das Plasma etwas mit letztgenanntem Salz an und muss so erheblich an Lösungsfähigkeit für alle Salze einbüssen, die ebenfalls in Lösung das Natrium-Jon besitzen, demnach auch für $NaNO_3$.[1]) Auch diese Verbindung wird also nur noch verhältnismässig schwierig in das Plasma hineinzudiffundieren vermögen, wenn auch seine Salpetersäure innen durch Verwendung im Lebensprozess der Pflanze verschwindet. Es bleibt nun noch HNO_3 übrig, die alsbald nach Eintritt in das Plasma der Pflanze restlos weiter verarbeitet oder fortgeführt werden kann. Ihr allein ist, solange wenigstens der Bedarf der Pflanze an Stickstoffnahrung andauert, ungehemmter Eintritt in das Plasma der Wurzelhärchen fortwährend möglich, an ihr wird also die Bodenlösung verarmen, sie wird zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes immer wieder aus dem $NaNO_3$ und der H_2CO_3 dort gebildet. Und als Endergebnis bleibt nach einigermaſsen vollständiger Aufnahme der Salpetersäure und nur teilweiser Aufnahme des Natrons je nach den Umständen in der Bodenlösung saures oder gewöhnliches Natriumkarbonat. — Entsprechend würde der Vorgang auch bei anderen physiologisch basischen Salzen zu deuten sein, z. B. beim phosphorsauren Natron, während er für die physiologisch sauren Salze natürlich sinngemäss abgeändert werden müsste, wobei wieder die Kohlensäureproduktion der Wurzeln eine Rolle zu übernehmen hätte.[2])

---

[1]) Nach Nernst, zitiert nach Rothmund, Löslichkeit und Löslichkeitsbeeinflussung, 1907, S. 168. Ebenda über die Grösse dieser Löslichkeitsverminderung.

[2]) Zu beachten ist hierbei vielleicht die Mitteilung Overtons, dass freies Ammoniak äusserst leicht in die Zellen hineindiosmiert, Ammoniaksalze in

Indessen wende ich mich nach dieser kleinen Abschweifung wieder dem eigentlichen Thema zu, der Reaktionsänderung durch Stickstoffdüngung.

Es ist eine eigentümliche Tatsache, dass die beiden wesentlich als Stickstoffdünger in Betracht kommenden Salze, der Natronsalpeter und das schwefelsaure Ammoniak, nach entgegengesetzten Richtungen als physiologisch reagierende Salze — dieser Ausdruck wäre vielleicht noch durch einen besseren zu ersetzen — sich kennzeichnen. Will man noch die übrigen, uns durch die neuere Technik dargebotenen Stickstoffsalze erwähnen, so schliesst sich der Kalksalpeter[1]) dem Natronsalpeter, das Ammoniumnitrat[2]) dem Ammoniumsulfat an, beide aber in ziemlich abgeschwächter Form. Sie werden daher nicht besonders zu beachten sein. Dass diese verschiedene Fähigkeit, physiologisch zu reagieren, auch für das gesamte Verhalten der beiden Hauptstickstoffdünger maßgebend sein kann, ist nun bereits von verschiedenen Seiten hervorgehoben, hat aber doch im ganzen nur wenig Beachtung gefunden.

Ich weise diesbezüglich, ohne damit eine vollständige Literaturzusammenstellung geben zu wollen, auf die Arbeiten von Prianischnikow und Kossowitsch hin, die sich besonders mit der Steigerung der Löslichkeit von Rohphosphaten durch die physiologisch sauren Eigenschaften des Ammonsulfats beschäftigen.[3]) Der letztgenannte Forscher glaubt übrigens auch, dass bei dem physiologisch-basischen Natronsalpeter die lösende Wirkung der Wurzeln durch die basischen Eigenschaften der rückbleibenden

---

unzerlegtem Zustand dagegen überhaupt nicht in merklichem Grade; Zeitschrift für physikalische Chemie Bd. 22, S. 189, 1907. Das Ammoniumkarbonat wird bei seiner starken Zerfallsneigung sich dem freien Ammoniak recht ähnlich verhalten.

[1]) Julius Lehmann, Wissenschaftlich-praktische Forschungen auf dem Gebiete der Landwirtschaft (Biedermann) Bd. 7, S. 403, 1875. Diskussion dazu: Ehrenberg, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, S. 267, 1907.

[2]) Kossowitsch, Journal für experimentelle Landwirtschaft Bd. 5, S. 607, 1904. — Prianischnikow, Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft Bd. 23, S. 17, 1905. — Pfeiffer, Hepner und Frank, Mitteilungen der Landw. Institute der Königlichen Universität Breslau Bd. IV, S. 347, 1908.

[3]) Kossowitsch, a. a. O. S. 605, bezw. Prianischnikow, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 56, S. 137, 1902.

Bodenlösung gehemmt werden kann.[1] Krüger[2]) hat weiterhin über Versuche berichtet, welche sich mit der Beeinflussung des Bodens durch die Folgen einer Natronsalpeterdüngung beschäftigten, und aus denen auch erhellt, dass die einzelnen Pflanzen sich hierbei verschieden verhalten. Das wird der wechselnden Aufnahme des zweiten Komponenten des Natrons durch sie entsprechen, und es mag hiermit in Übereinstimmung stehen, dass zumal u. a. die Kartoffel eine erhebliche Natronbeeinflussung des Bodens erkennen liess; die Kartoffel, welche jedenfalls besondere Vorliebe für Natriumverbindungen[3] nicht besitzen dürfte. Neuerdings hat auch Pfeiffer mit seinen Mitarbeitern Versuche veröffentlicht, welche die starke Wirkung des physiologisch-sauren Ammoniumsulfats und die schwächere des Ammoniumnitrats bezüglich der Auflösung von Phosphorit zum Gegenstand haben,[4] wie auch ähnliche Untersuchungen von von Seelhorst und Freckmann,[5] Böttcher,[6] Söderbaum[7] zu erwähnen sind.

So wie die sauere oder basische Reaktion, die mit der Aufnahme der physiologisch reagierenden Stickstoffsalze zusammengeht, nun auf die bessere oder schlechtere Auflösung und Aufnahme von Rohphosphatphosphorsäure zu wirken vermag, wie oben kurz erwähnt wurde, so muss sie unter Umständen auch sehr wohl sich direkt auf die Pflanze einen Einfluss zu schaffen vermögen, indem sie den Boden, in welchem diese wächst, in seiner Reaktion verändert, oder wenigstens zu verändern strebt. Das muss natürlich von der chemischen Zusammensetzung des Bodens abhängen, da bei stärkerem Kalkgehalt desselben die Säure des Ammoniumsulfats ebensowenig ausreichen kann, eine merkbare Wirkung auf die Pflanzen auszulösen, wie bei besonders stark sauerem Boden die nach den meist geringen Gaben von

[1]) Kossowitsch, a. a. O. S. 607.

[2]) Krüger, Landw. Jahrbücher Bd. 34, S. 781, 1905. Zur Deutung dieser Versuche vergl. Ehrenberg, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, S. 490, 1908.

[3]) Süchting, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 61, S. 397, 1905. Dort auch andere Literatur.

[4]) Pfeiffer, Hepner und Frank, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, S. 347, 1908.

[5]) von Seelhorst und Freckmann, Journal für Landwirtschaft 1903, Bd. 51, S. 212.

[6]) Böttcher, Landw. Versuchs-Stationen 1907, Bd. 65, S. 407.

[7]) Söderbaum, Landw. Versuchs-Stationen 1908, Bd. 68, S. 433; 1906, Bd. 63, S. 247.

Natronsalpeter zurückbleibende alkalische Reaktion von dessen Metallbestandteil. Dagegen werden die Böden, welche nur schwach kalkhaltig sind, und von ihnen an gerechnet alle solche bis zu den mässig sauren Ackererden hinab geeignet sein, solche Einflüsse kenntlich zu machen. Als hierher gehörig würden wir also z. B. die Mehrzahl der norddeutschen Sandböden zu rechnen haben.

Indessen, wenn der Boden oder dessen Reaktion bezw deren Änderung einen Einfluss auf die Pflanze soll ausüben können, so ist auch dieser selbst einige Beachtung zu schenken, namentlich bezüglich ihrer Empfindlichkeit gegen Reaktionsänderungen. Auch in dieser Richtung ist einiges, allerdings nur wenig Material vorhanden.

Bezüglich der säurevertragenden Pflanzen habe ich bereits früher[1]) einige Mitteilungen gemacht, auf die hier verwiesen sei, ebenso wie auf alte Mitteilungen von Knop und Stohmann.[2]) Dann finde ich bei Dafert[3]) und Adolf Mayer[4]) Angaben über die mangelhafte Eignung des Chilesalpeters zur Kaffeebaum-, Reis- und Zuckerrohrdüngung im Gegensatz zum schwefelsauren Ammoniak, die ich auch in dem Sinne zu deuten geneigt bin, dass es sich hier ebenfalls um Säure vertragende, aber alkalischeue Pflanzen handelt, die auf eine Reaktionsänderung des Bodens durch den Aufnahmevorgang der Stickstoffverbindung stark reagieren. In ähnlicher Richtung sind wohl auch Mitteilungen von Möller über die Schädlichkeit des Chilesalpeters für Kiefern, im Gegensatz zu einer Düngung mit Ammoniumsulfat, einzureihen.[5])

Direkte Angaben finden sich, nachdem bereits Knop[6]) auf die Schädlichkeit der nach Natronsalpeterdüngung bei Wasserkulturen von Mais zurückbleibenden kohlensauren Basen hinwies, bei Prianischnikow, der angibt, dass bei Nitratdüngung zu Erbsen in Sandkulturen sich eine alkalische Reaktion des Bodens bemerkbar machte, die trotz Zuführung der Phosphor-

---

[1]) Ehrenberg, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, S. 272, 1907.

[2]) Knop, Annalen der Chemie und Pharmazie Bd. 129, S. 308, 1864. Knop teilt mit, dass Stohmann und dann er selbst feststellten, dass Mais schwach-saure Nährlösungen verträgt. Besser allerdings noch tun diees Weizen und Hafer.

[3]) Zit. nach A. Mayer, vergl. folg.

[4]) Adolf Mayer, Düngerlehre, 1905, S. 160, Anmerkung.

[5]) Möller, Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen Bd. 36, S. 745, 1904.

[6]) Knop, Annalen der Chemie und Pharmazie Bd. 129, S. 320, 1864. Ebenda auch S. 298.

säure in Form sauren Phosphates so stark wurde, dass die Pflanzen vor der Zeit gelb wurden und abstarben.[1]) Ebenfalls lässt sich ein Teil der Versuchsergebnisse des gleichen Forschers bei Hafer dahin deuten, dass dieser durch saure Reaktion als Folge einer Ammoniumsulfatdüngung litt.[2])

Mit der Möglichkeit einer Schädigung von Gerste durch alkalische Reaktion infolge einer Natronitratdüngung rechnet auch KOSSOWITSCH, ebenso mit dem entgegengesetzten Falle bei Ammoniakdüngung.[3]) Und endlich bringt PRIANISCHNIKOW anderen Orts Daten, nach denen Buchweizen und Lein durch die physiologisch-alkalischen Eigenschaften des Natronsalpeters, Gramineen durch physiologische Säurewirkung von Ammoniumsulfat litten. Infolge der letzteren gingen Buchweizen, Lein, Erbsen und Wicken sogar ein.[4]) Dagegen schienen Gramineen für die alkalische Reaktion des Bodens nach Natronsalpeter wenig empfindlich zu sein. Übrigens wären hier auch alte Mitteilungen von STOHMANN[5]) wie von RAUTENBERG und GUSTAV KÜHN[6]) zu erwähnen.

Nach diesen Feststellungen und den Erfahrungen, welche ich über die Empfindlichkeit verschiedener Pflanzen gegen

---

[1]) Die Erbsen sind vielleicht überhaupt empfindlich gegen Reaktionsänderungen nach beiden Seiten, denn ich entsinne mich aus meiner früheren Tätigkeit auf einen Versuch, bei dem Verabfolgung von Phosphorsäure in Form sauren Phosphates an Erbsen in Sandkulturen erhebliche Schädigungen zur Folge hatte. Dagegen spricht allerdings die Feststellung HELLRIEGELS, dass bei seinen Versuchen die verschiedene Reaktion der Nährlösung die Erbsen vollständig gleichgültig liess. Und bei der grossen Bedeutung, welche eine Äusserung dieses Forschers in jedem Falle besitzt, wäre ohne besondere Nachprüfung eine Entscheidung kaum zu erbringen. Erwähnt sei aus HELLRIEGELS Beobachtungen noch, dass der Serradella eine Nährlösung von deutlich saurer Reaktion besser zusagte, als eine alkalisch reagierende, sowie das Eingehen von Lupinen infolge entschieden sauerer Bodenlösung, wogegen eine Abschwächung der Reaktion durch Zugabe von Alkalikarbonat vorzügliches Wachstum ermöglichte. HELLRIEGEL und Mitarbeiter, Beilageheft zu der Zeitschrift des Vereins für die Rübenzuckerindustrie, November 1888.

[2]) PRIANISCHNIKOW, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 54, S. 133 und 136.

[3]) KOSSOWITSCH, Journal für experimentelle Landwirtschaft, Bd. 5, S. 608, 1904.

[4]) PRIANISCHNIKOW, Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft Bd. 23, S. 11, 1905.

[5]) STOHMANN, Chemisches Zentralblatt, Neue Folge, 6. Jahrgang, 1. Bd., 1861, S. 597; Journal für Landwirtschaft, Neue Folge, Bd. 9, 1864, S. 70.

[6]) RAUTENBERG und GUSTAV KÜHN, Journal für Landwirtschaft, Neue Folge, Bd. 9, S. 116, 1864.

Reaktionsänderungen teils schon selbst hatte machen können, teils aus der früher bereits besprochenen Literatur entnahm, glaubte ich bei Betrachtung der Reaktionsänderungen durch Stickstoffdüngung auch besonders auf die Empfindlichkeit der verschiedenen Pflanzen gegen diese Einwirkungen achten zu müssen.

Es war nun meine Absicht, zunächst einmal eine deutliche Präzisierung dieser Anschauung durch den Vegetationsversuch zu erreichen, und ich glaubte, dass dazu eine Wiederholung und Modifikation des bekannten WAGNERschen Düngungsversuches,[1]) bei dem Natronsalpeter und schwefelsaures Ammoniak auf Moorboden zu Kruziferen verabfolgt wurde, geeignet sei. Ich muss jedoch gleich hervorheben, dass aus später zu würdigenden Gründen der Erfolg zwar eintrat, doch nicht so schlagend und deutlich war, wie ich es erwartet hatte.

Doch zunächst sei der Versuch beschrieben:

Hochmoorboden, den ich der Freundlichkeit von Herrn Professor TACKE-Bremen verdanke, dem auch hier noch mein verbindlichster Dank für sein Entgegenkommen ausgesprochen sei, wurde zur Füllung von kleinen Glas-Vegetationsgefässen mit gläsernen Lüftungseinsätzen und Kiesunterlage verwendet. Das Gefäss erhielt je 1 kg naturfrische Hochmoormasse und darauf als Besandung je 1 kg naturfrischen Odersand, wie derselbe bereits bei früheren Arbeiten von mir häufiger benutzt und näher gekennzeichnet worden ist. Nähere Angaben enthält der folgende Versuchsplan:[2])

Tabelle I.

Reihe	Nummer der Gefässe	Pflanze:	Sonderbehandlung:	Stickstoffdüngung:	Grunddüngung:
I	25/26	Weisser Senf	20 g $CaCO_3$	Für jedes Ge-	Für jedes
II	27/28	„ „	keine	fäss 0.323 g	Gefäss
III	29/30	Zuckerhirse[3])	20 g $CaCO_3$	Stickstoff als	1 g $CaCl_2$
IV	31/32	„	keine	sekundäres	0.5 g NaCl
V	33/34	Buchweizen	20 g $CaCO_3$	Ammonium-	0.5 g $MgSO_4$
VI	35/36	„	keine	phosphat	2 g K_3PO_4

[1]) WAGNER, Die Stickstoffdüngung der landw. Kulturpflanzen, 1892, S. 217.

[2]) Der $CaCO_3$ wurde mit dem Moorboden innig gemischt, die Grunddüngung flüssig auf das Moor gegeben, das Stickstoffsalz auf den Sand gebracht, dann tüchtig gegossen.

[3]) Schwarzsamiges Sorghum saccharatum.

Die Grunddüngung war so gewählt, dass ihr tertiäres Kaliumphosphat ebenso wie der Stickstoffdünger, das sekundäre Ammoniumphosphat, infolge ihrer basischen Reaktion die saure Reaktion des frischen Hochmoorbodens zunächst etwas zu verringern geeignet waren. Allerdings musste noch damit gerechnet werden, dass infolge von Absorption durch die Moorsubstanz die eingeführten Düngemittel Veranlassung zu teilweiser Säuerung der Bodenlösung geben würden.[1]) Endlich waren, in Anlehnung an die Angaben von Adolf Mayer, zwar $MgSO_4$ und NaCl als physiologisch-neutral anzusehen,[2]) dann aber ziemlich sicher kein Bedarf der Pflanzen für das Chlor des Chlorcalciums vorhanden, und somit dieser Dünger als physiologisch-sauer zu betrachten. Die Reaktion des Bodens musste, falls kein Calciumkarbonat beigegeben war, eine nicht unerheblich saure sein.

Die Hoffnung bei Ansetzung des Versuches war die, dass zwar der Senf, als stark säurescheue Pflanze ebenso wie bei Wagners Versuch, keine ausreichende Entwicklung ohne kohlensauren Kalk ergeben würde; dass aber die Moorpflanze, der Buchweizen, und ebenso die notorisch säurevertragende Zuckerhirse im Gegensatz eine befriedigende Entwicklung auch ohne Kalk zeigen würden. — Wie erwähnt, ging diese Erwartung nur zum geringen Teil in Erfüllung, da die Säure der Bodenlösung selbst für weniger empfindliche Pflanzen zu erheblich wurde.

Ich bringe zunächst einen Auszug aus den Vegetationsbeobachtungen und die Ernteergebnisse, um daran eine Besprechung anzuschliessen.

Aussaat, je 18 Körner, am 27. Mai 1907; Aufgang des Senfs von 25/26 am 31. Mai, von 27/28 einen Tag später. Sowohl Sorghum wie Buchweizen gehen langsamer auf, Sorghum scheint durch die kühle Witterung gehemmt, hat gelbliche Blätter. Der Buchweizen zeigt auf allen Töpfen gleich schlechten Aufgang, so dass am 10. Juni mit vorgequelltem Saatgut nachgepflanzt wird. Nach etwa 12tägigem Wachstum zeigt der mit Kalk versehene Senf sich besser, als der auf Moorboden ohne Sonderbehandlung wachsende — mittlerweile sind alle Pflanzen durch

[1]) Um hier Abschweifungen zu vermeiden, sei auf meine Behandlung dieser Frage verwiesen: Ehrenberg, Mitteilungen der Landw. Institute der Königl. Universität Breslau Bd. IV, S. 215, 1907.

[2]) Ad. Mayer, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 24, S. 94, 1881.

Beseitigen der schwächsten auf 10 Stück vermindert — und während der ersterwähnte bis zur Ernte gutes, ja üppiges Wachstum aufweist, geht der Senf ohne Kalk unter völliger Verkümmerung, wobei sich die Blätter mit einem roten Rand umgeben und dann vergilben, allmählich dem Absterben entgegen. Bei der Zuckerhirse setzt eine Schädigung der kalkfreien Pflanzen am 16. Tage ein, besonders die unteren Blätter vergilben und vertrocknen, doch bleiben die Pflanzen nicht nur bis zum Schluss des Versuches in fortschreitender Entwicklung, sie zeigen auch noch einen immer als genügend zu bezeichnenden Stand. Allerdings ist das Wachstum der mit Kalk versehenen Zuckerhirsepflanzen ein erheblich üppigeres. Beim Buchweizen ist infolge der Nachpflanzung erst später ein deutliches Bild zu erhalten, doch ist hier, ähnlich wie beim Senf, die Schädigung bei Fehlen der Kalkgabe eine fraglose und völlige. Bei der am 16. Juli stattfindenden Ernte zeigen mit Kalk versehener Senf wie Zuckerhirse durch gelbe Blätter Stickstoffmangel, nicht so der gekalkte Buchweizen. Die ungekalkte Zuckerhirse steht ziemlich gut, die anderen ohne Kalk verbliebenen Pflänzchen sind teils abgestorben, teils vegetieren sie eben noch, ohne jedoch über unscheinbaren Zwergwuchs hinauszukommen.

Tabelle II.

Ernteergebnisse.

Nummer	Pflanze:	Sonderdüngung:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
25	Weisser Senf	20 g $CaCO_3$	9.45	2.33	0.220
26	" "	20 " "	9.66	1.86	0.180
		Durchschnitt:	9.56		0.200
27	Weisser Senf	keine	1.15	2.05	0.024
28	" "	"	0.85	2.55	0.022
		Durchschnitt:	1.00		0.023
29	Zuckerhirse	20 g $CaCO_3$	11.47	1.65	0.190
30	"	20 " "	9.62	1.90	0.183
		Durchschnitt:	10.55		0.187

Nummer	Pflanze:	Sonderdüngung:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
31	Zuckerhirse	keine	4.86	2.12	0.103
32	"	"	5.50	2.63	0.144
		Durchschnitt:	5.18		0.124
33	Buchweizen	20 g $CaCO_3$	8.72	2.52	0.220
34	"	20 " "	8.75	2.35	0.206
		Durchschnitt:	8.74		0.213
35	Buchweizen	keine	0.49	2.72	0.013
36	"	"	0.67	4.75	0.032
		Durchschnitt:	0.58		0.023

Bei Untersuchung der Bodenflüssigkeit am Ende des Versuches mit Lackmuspapier ergab sich, wie noch nachgetragen sei, dass 25/26, 29/30, 33/34 neutrale Beschaffenheit zeigten, wie das ja nach dem Kalkzusatz auch kaum anders zu erwarten war. 27/28, 31/32, 35/36 reagierten, und zwar 31/32 nur schwach, die andern vier aber nicht unerheblich sauer.

So erwünscht es wäre, hier bei Behandlung meiner Ergebnisse den erwähnten Versuch WAGNERS im weitesten Umfang zum Vergleich und zur Besprechung heranzuziehen, so ist dies doch durch verschiedene Umstände leider recht erheblich erschwert, bezw. die Sicherheit solcher Vergleiche herabgesetzt worden.

Zunächst einmal ist die von WAGNER verwendete Frucht nur als Kruzifere festzustellen, da der Forscher einmal bei Besprechung des Versuchs als benutzte Pflanze weissen Senf,[1]) ein anderes Mal aber Sommerrübsen angibt.[2]) Doch das wäre von geringer Bedeutung. Wesentlicher erscheint, dass über die Art und Weise, wie der Torfboden zum Versuch vorbereitet wurde,

[1]) WAGNER, Die Stickstoffdüngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 1892, S. 417.
[2]) Ebenda S. 217; ferner WAGNER, Düngungsfragen Heft IV, 1899, S. 68.

namentlich, ob er in naturfrischem oder getrocknetem Zustande Verwendung fand, nichts gesagt wird. Nach einer Notiz[1]) erscheint es allerdings wahrscheinlicher, dass er zum mindesten in stark abgetrocknetem Zustande benutzt wurde. Damit bleibt die Frage immer noch unbeantwortet, ob der Verwendung eine längere Lagerungszeit ausserhalb des Moores voranging. Nach dem Ergebnis von WAGNERS Versuch, im Vergleich zu dem meinigen, möchte ich das Letzte annehmen. Wenigstens würde sich so, durch längeres Lagern und Austrocknung, die immerhin nur geringe schädigende Wirkung erklären, welche der ungekalkte Hochmoorboden bei WAGNER im Vergleich zu meinem Versuche ausübt. Dass die beiden Hochmoorböden sonst sich nicht allzusehr unterschieden haben dürften, geht daraus hervor, dass sie aus der gleichen Quelle stammen. Allerdings ist es auch möglich, dass die hier hervorgehobenen Unterschiede durch die verwendete Grunddüngung eine Erklärung finden. Da bei WAGNER indes Angaben zu diesem Punkt gänzlich fehlen,[2]) bleibt auch ein näheres Eingehen darauf zwecklos. Aus gleichem Grunde kann ich nicht eine etwaige Einwirkung des Metalles (Zink) der Versuchsgefässe würdigen, da auch hier nicht ausreichende Mitteilungen vorliegen.[3])

Um auf meinen Versuch zurückzukommen, sei hervorgehoben, dass ich auf Hochmoorboden mit Senf in gleicher Weise wie WAGNER bei Unterbleiben einer Kalkdüngung keine befriedigende Ernte zu erzielen vermochte, ja, sogar keine irgendwie zu erwähnende Entwicklung ermöglichen konnte. Man vergleiche:

	Trockensubstanz	Stickstoffernte
WAGNERS Torfboden ohne Mergel, Ammoniakdüngung	26.9 g	0.522 g
Mein Torfboden ohne Kalkkarbonat, Ammoniakgabe .	1.0 „	0.023 „

Ich vermochte also im grossen und ganzen kaum überhaupt eine Stickstoffaufnahme aus dem zur Düngung gegebenen Ammoniumphosphat zu erzielen. Das war das Ergebnis bei weissem Senf; zu meiner grossen Überraschung änderte es sich durch Verwendung einer doch im allgemeinen als typischen Moorpflanze angesehenen Frucht, wie Buchweizen, durchaus nicht.

---

[1]) WAGNER, Die Stickstoffdüngung S. 294.

[2]) WAGNER, a. a. O. S. 28.

[3]) WAGNER, a. a. O. S. 31.

Die Trockensubstanzproduktion verminderte sich sogar noch bis auf rund $^1/_2$ g für das Gefäss, die Stickstoffernte blieb ganz die gleiche. Hiernach stände also nichts im Wege, mit Wagner anzunehmen, „dass der kohlensauere Kalk des Mergels hier in ganz bestimmter Weise die Wirkung des Ammoniakstickstoffs . . . gefördert hat“.

Allein, bevor auch ich diese Schlussfolgerung als sichergestellt betrachte, muss ich mir noch über die mit Zuckerhirse erreichten Erträge Klarheit verschaffen. Ich hatte als Ernte, wie angegeben:

	Trockensubstanz	Stickstoffernte
Weisser Senf ohne Kalk . . .	1.00 g	0.023 g
Buchweizen „ „	0.58 „	0.023 „
Zuckerhirse „ „	5.18 „	0.124 „

Die Zuckerhirse hat also, im Gegensatz zu den beiden anderen Früchten, eine etwa zwei Fünftel der verabreichten Stickstoffgabe betragende Stickstoffernte[1]) ergeben, und auch nach den Vegetationsbeobachtungen war freilich keine völlig normale Entwicklung erreicht worden, immerhin eine als genügend bezw. ziemlich gut zu bezeichnende. Noch deutlicher tritt allerdings die Abweichung des Verhaltens der hier zur Besprechung stehenden Pflanze bei Vergleich der Kalkwirkung hervor:

	Trockensubstanz	Stickstoffernte
Zuckerhirse mit Kalk . . .	10.55 g	0.186 g
„ ohne Kalk . . .	5.18 „	0.124 „

Durch die Kalkgabe hat demnach die Stickstoffaufnahme nur um rund ein Drittel vermehrt werden können. Damit scheint denn doch die Möglichkeit recht nahe gerückt, dass jedenfalls hier die Verabfolgung von Calciumkarbonat nicht die Wirkung des Ammoniakstickstoffs so erheblich gefördert hat, sondern anderweitigen Nutzen schuf. Das wird jetzt etwas näher zu besprechen sein.

Zunächst ist die Möglichkeit zu erörtern, ob nicht etwa eine ungenügende Ausnützung des Düngerstickstoffs auch bei der gekalkten Zuckerhirse vorliegt, und daher das benutzte Vergleichsobjekt versagt.

---

[1]) Ohne Wurzeln geerntet.

Bei der Ernte wiesen sowohl der Kalksenf wie die Kalkzuckerhirse durch die bekannten Kennzeichen Stickstoffmangel auf, wie die Vegetationsbeobachtungen ergeben. Nicht war das bei dem Kalkbuchweizen der Fall. Die Stickstofferntem seien ebenfalls zusammengestellt:

	Trockensubstanz	Stickstofferntе
Weisser Senf mit Kalk . . .	9.56 g	0.200 g
Buchweizen " " . . .	8.74 "	0.213 "
Durchschnitt:	9.15 g	0.207 g
Zuckerhirse mit Kalk . . .	10.55 g	0.186 g

Die Ausnützung des Düngerstickstoffs durch die Zuckerhirse mit Kalk liegt somit nur um 14 mg unter der des gekalkten weissen Senfs, oder, falls man den Durchschnitt der beiden anderen Pflanzen heranzieht, um 21 mg tiefer. Dabei glaube ich, dass der Buchweizen aus einem anderen Grunde hier nicht ganz mit Recht zum Vergleich herangezogen werden kann. Es ist nämlich nicht unwahrscheinlich, dass er durch den Jahrhunderte langen Anbau auf stark humushaltigen Böden die Fähigkeit erhalten hat, sich den Stickstoff dieses Substrates etwas besser aufzuschliessen, als die Mehrzahl der übrigen Früchte, Pastinake u. dergl. etwa ausgenommen.[1]) Dahin weist u. a. der Umstand, dass der Buchweizen, obwohl er die höchste Stickstoffaufnahme bei meinem Versuch aufwies, doch noch keinerlei Kennzeichen des Stickstoffmangels darbot, im Gegensatz zu den beiden anderen Pflanzen.

Da nun übrigens das kleine Minus in den Erntezahlen der oberirdischen Masse, welches die gekalkte Zuckerhirse aufweist, reichlich durch deren äusserst starke Wurzelentwicklung wieder

[1]) Mit einer solchen Annahme stände die durch vorliegenden Versuch wohl zur Genüge erwiesene, ziemlich erhebliche Säureempfindlichkeit des Buchweizens nicht in direktem Widerspruch. Denn es ist zu bedenken, dass der Anbau des Buchweizens in früherer Zeit vorwiegend auf dem nur sehr schwach sauren, anmorigen Haidesand Norddeutschlands stattgefunden haben dürfte; daher der Name „Haidekorn" für Buchweizen. Soweit er auf Moor zum Anbau kam, handelte es sich wohl entweder um das kalkhaltige und daher weniger extrem reagierende Niederungsmoor, oder es war der Kultur das Moorbrennen vorangegangen, das durch Produktion alkalischer Asche — eine selten beachtete Wirkung solcher Brandkultur — die Säure des Hochmoors einigermaſsen abstumpfen musste.

aufgewogen wird,[1]) so kann man jedenfalls nicht von einer schlechteren Stickstoffausnutzung durch die Zuckerhirse als durch die übrigen Pflanzen, besonders durch den weissen Senf, sprechen. Und dass wieder der weisse Senf bei meinem Versuch eine normale Ausnutzung aufwies, mag der Vergleich mit WAGNERS Zahlen lehren:

	Stickstoffausnutzung[2])
WAGNER, Kruzifere mit Kalk und Ammoniak, kleine Gabe	64 %
dergl., grosse Gabe	63 „
dergl., mein Versuch	62 „

Hiernach betrachte ich die Berechtigung, mit den Zahlen der gekalkten Zuckerhirse als voll brauchbaren Vergleichsdaten rechnen zu dürfen, als gegeben, und kehre zur Betrachtung der Kalkwirkung auf das Wachstum der Zuckerhirse zurück.

Wie oben erwähnt, hat die Verabfolgung von Kalk die Stickstoffaufnahme bei der Zuckerhirse nur um ein Viertel vermehren können, dagegen z. B. die Trockensubstanzernte verdoppelt. Schon hieraus erhellt klar, dass die geringere Ausbildung der kalkfreien Pflanzen nicht durch die Wirkung des Ammoniakstickstoffs bedingt gewesen sein kann bezw. durch das Fehlen der fördernden Wirkung des Kalkes auf die Aufnahme dieser Stickstoffform.

Erklärlich wird die Sachlage erst, wenn man der Wirkung der physiologisch reagierenden Salze gedenkt und diese Anschauungen hier anwendet.

Die Zuckerhirse ist notorisch eine ziemlich erheblich säurevertragende Pflanze.[3]) Infolgedessen konnte sie zunächst in dem saueren Torfboden wachsen, ohne des Zusatzes von Kalk zu bedürfen, und weiterhin auch noch durch Aufnahme des physiologisch - saueren Ammoniakstickstoffdüngers die sauere

[1]) Mein Versuch, die Wurzeln aller Pflanzen zu ernten und so diese Annahme noch mehr sicher zu stellen, erwies sich leider als undurchführbar, da die filzige Torfmasse und die Wurzeln ein untrennbares Ganze bildeten. Der Umstand, dass die Zuckerhirse so wesentlich stärkere Wurzelausbildung zeigte, erklärt sich sehr einfach daraus, dass Buchweizen wie Senf ihr Wachstum so ziemlich abgeschlossen hatten und blühten, die Zuckerhirse aber wohl noch reichlich einen Monat hätte in Länge und Breite wachsen können — genügende Stickstoffzufuhr vorausgesetzt — als man sie erntete.

[2]) Ohne Berücksichtigung eines von ohne Stickstoffdüngung verbliebenen Gefässen etwa erhaltenen Ertrages.

[3]) MAXWELL, Landw. Versuchs-Stationen Bd. 50, S. 325, 1898.

Reaktion des Bodens vermehren, ohne das Wachstum aufgeben zu müssen. Eine gewisse Schädigung blieb freilich nicht aus, erstreckte sich aber der hier gegebenen Erklärung entsprechend weniger auf die Stickstoffaufnahme, als auf die Verarbeitung dieses Nährstoffes zu Pflanzensubstanz.[1])

Sieht man also die günstige Wirkung der Kalkgabe zu Zuckerhirse nicht in einer Förderung der Wirkung des Ammoniakstickstoffs, sondern in der Beseitigung der durch die physiologisch-sauren Eigenschaften der Ammoniaksalze für die Pflanzen, und zwar besonders für die säurescheuen Pflanzen sich ergebenden Gefahren, so lassen sich die Ergebnisse, deren eben gedacht wurde, völlig erklären. Dann aber muss man auch annehmen, dass gleichfalls für die beiden anderen Pflanzen meines Versuches es nicht irgend eine vorteilhafte Wirkung des Kalkes auf Aufnahme oder Verarbeitung des Ammoniakstickstoffs war, was die grossen Unterschiede herbeiführte, sondern einfach die Beseitigung der saueren Reaktion des ursprünglichen Bodens, sowie die Bindung der durch die Aufnahme des Ammoniaks[2]) frei werdenden Säure. Im Fall von Senf und Buchweizen reichte die sauere Reaktion des Bodens an sich schon aus, um das Pflanzenwachstum nahezu ganz zu hemmen, falls kein Kalk zugeführt wurde, da die Pflanzen beide stark säureempfindlich sind; die physiologisch-saure Eigenschaft des Ammoniakdüngers hat wahrscheinlich nur ganz schwach zur Schädigung beigetragen. Erst die Verwendung der wenig säurescheuen Zuckerhirse liess den Zusammenhang besser hervortreten. Ich bezweifele nicht, dass bei sorgfältiger Auswahl der Versuchspflanze nach der Säureempfindlichkeit hin, sowie bei verschiedenartig abgestuften Gaben und wechselnder Auswahl von Grunddüngung wie Stickstoffgabe man nicht nur, wie mir das gelang, ein leidlich gutes Wachstum in ammoniakgedüngtem Torfboden auch ohne Kalkkarbonatzusatz erzielen kann, bei zwei Drittel der andernfalls erreichten Stick-

[1]) Umgekehrte Erscheinung vergl. später bei zu erheblich basischer Reaktion der Bodenlösung.

[2]) Ob diese nun direkt, oder erst nach Umwandlung in Salpetersäure stattgefunden hat, ist für mich hier bedeutungslos. Ich nehme an, dass bei den Kalkgaben Nitrifikation eingetreten ist, wie ich mich auch durch bakterielle Prüfung vom Vorhandensein der fraglichen Mikroben überzeugen konnte, dass dagegen bei Fehlen von Kalk durch Mangel an kohlensaurem Ammoniak eine Nitrifikation unterblieben ist. Nitrifikationsbakterien waren auch in diesem Falle vorhanden.

stoffaufnahme, sondern dass sogar eine völlig normale Vegetation zu ermöglichen ist.[1]) Ich kann daher auch die Erklärung der Versuchsergebnisse Wagners, die ja auch viel weniger eine Hemmung der Stickstoffaufnahme, als eine Beeinträchtigung des Wachstums erkennen lassen, nur dahin geben, dass der kohlensaure Kalk nicht etwa „in ganz bestimmter Weise die Wirkung des Ammoniakstickstoffs . . . gefördert hat“, sondern dass er vielmehr nur die Schädigungen durch die physiologisch-sauere Ammoniakdüngung beseitigte. Zum weiteren Beweise dafür seien noch die prozentischen Stickstoffgehalte u. dergl. aus Wagners Versuch angeführt:

	Trocken-substanz	Stickstoff-ernte	Stickstoff-gehalt
Torfboden ohne Kalk, wenig Ammoniak . .	26.9	0.522	1.94
„ „ „ viel „ . .	29.4	0.612	2.08
„ mit „ wenig „ . .	74.5	0.961	1.29
„ „ „ viel „ . .	86.7	1.266	1.46

Also nicht an Stickstoff fehlte es den Pflanzen ohne Kalk, sie weisen vielmehr davon dem prozentischen Gehalt nach genug auf, um erheblich grössere Pflanzenmassen zu bilden. Es war die sauere Reaktion des Bodens, die, mit zunehmender Stickstoffaufnahme steigend, die Entwicklung der Pflanzen hemmte, wenn auch bei Wagner nicht in dem ausgesprochenen Maſse, wie bei mir. — Nachdem dieser Versuch, die Bedeutung der physiologischen Reaktion eines Stickstoffdüngesalzes bei ausreichender Grunddüngung[2]) gewissermaſsen an einem Demonstrationsbeispiel vorzuführen, erledigt war, schien mir eine weitere experimentelle Behandlung der hier vorliegenden Umstände unerlässlich, um diese Seite der „Ammoniakfrage“ zu klären. Zunächst glaubte ich — ohne damals zu wissen, dass ich mir bezüglich weiterer Behandlung dieser Dinge würde Beschränkungen auferlegen müssen — zweckmässig zu handeln, wenn ich nun auch die Wirkung von Ammoniak- und Nitratdüngesalzen bezüglich ihres gegenseitigen Verhaltens bei verschiedenartiger Kalkzuführung prüfte, und zwar auf dem benutzten Hochmoorboden.

---

[1]) Diese Ergänzung selbst in Zusammenhang mit meinem ersten Versuch zu bringen, ist mir aus den oben besprochenen Gründen leider nicht möglich.

[2]) Der gleiche Nachweis für den Fall der Anwesenheit schwerlöslicher Phosphate ist bereits mehrfach erbracht; vergl. oben.

Es wurde daher ein Versuch durchgeführt, bei dem tunlichst alle anderen Wirkungen ausser der physiologischen Reaktion der Stickstoffdüngemittel wie der eventuellen Kalkbeigabe beseitigt waren. Benutzt wurden wieder kleine Vegetationsgefässe aus Glas, die wie bei dem vorigen Versuch mit Filzmänteln zur Minderung von Wärmeschwankungen usw. versehen waren. Von der Verwendung von Lüftungseinsätzen wurde diesmal abgesehen, was in Anbetracht des geringen Inhalts der Gefässe möglich erschien. Kiesunterlage, wie Füllung mit Hochmoorboden und Sand war die gleiche wie beim vorigen Versuch. Nur hatte der Moorboden, der übrigens auch von unkultiviertem Moor stammte, etwa zwei Monate unter häufiger Anfeuchtung in einem Sack gelagert.

Die Düngung wurde für die Ammoniakreihen folgendermaſsen zusammengestellt:

2 g tertiäres Kaliphosphat, 2.97 g kieselsaurer Kalk, 2.35 g sekundäres Ammoniumphosphat, 0.2 g Magnesiumsulfat, 0.5 g Chlornatrium.

Für die Salpeterreihen:

0.6 g tertiäres Kaliphosphat, 3.60 g Kalinitrat, 3.47 g sekundäres Kalkphosphat, 0.2 g Magnesiumsulfat, 0.5 g Chlornatrium;[1]) dazu kamen gegebenenfalls die verschiedenen Kalkgaben.

Als Pflanzen wurden von denen des vorigen Versuchs weisser Senf und Zuckerhirse beibehalten, Buchweizen, der keinerlei Besonderheit dem weissen Senf gegenüber hatte aufweisen können, schied aus, dafür wurden Pferdezahnmais und Goldthorpegerste herangezogen. Die Bewässerung wurde, wie auch beim vorhergehenden Versuch derart ausgeführt, dass ausser dem von dem schwach feucht erscheinenden Hochmoorboden, wie derselbe hier eintraf, schon zurückgehaltenen Wasser noch auf das Gefäss 500 g Wasser zugeführt und durch Wiegen und Begiessen diese Feuchtigkeitsmenge erhalten wurde.

Es folgen Versuchsplan und Ernteangaben:

---

[1]) Infolge eines Versehens stimmen die Düngungen nicht völlig in der beabsichtigten Weise überein. Die Salpeterreihen haben etwas mehr Kali erhalten, was indessen ohne Bedeutung sein dürfte, da auch die den Ammoniakreihen verabfolgte Menge von fast $1^1/_2$ g K_2O völlig den Bedürfnissen auch der kräftigsten Pflanzen entsprochen haben muss.

Tabelle III.

Nummer	Kalkgabe	Kaliphosphat	Stickstoffgabe	Pflanze:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
				Ohne Kalksonderbehandlung.			
49	2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	Mais	8.81	2.03	0.179
50				"	13.31	2.37	0.316
				Durchschnitt:	11.06		0.247
51	2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	Zuckerhirse	2.37	4.04	0.096
52				"	1.40	2.74	0.038
				Durchschnitt:	1.89		0.067
53	2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	Goldthorpegerste	2.68	3.16	0.085
54				"	2.10	3.38	0.071
				Durchschnitt:	2.39		0.078
55	2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	weisser Senf	0	0	0
56				"	0	0	0
				Durchschnitt:	0		0
57	3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	Mais	25.65	1.63	0.419
58				"	22.97	1.62	0.372
				Durchschnitt:	24.31		0.395
59	3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	Zuckerhirse	5.14	3.33	0.171
60				"	6.74	3.38	0.228
				Durchschnitt:	5.94		0.200
61	3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	Goldthorpegerste	11.50	2.62	0.301
62				"	12.63	2.42	0.306
				Durchschnitt:	12.07		0.304
63	3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	weisser Senf	8.23	2.85	0.234
64				"	4.09	2.41	0.098
				Durchschnitt:	6.16		0.166

Noch Tabelle III.

Nummer	Kalkgabe	Kaliphosphat	Stickstoffgabe	Pflanze:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
				Sonderbehandlung mit Kalkkarbonat.			
65	20 g $CaCO_3$	2 g	2.35 g	Mais	28.26	1.28	0.362
66	2.97 g $CaSiO_3$	K_3PO_4	$(NH_4)_2HPO_4$	„	19.71	1.52	0.299
				Durchschnitt:	23.99	1.40	0.331
67	20 g $CaCO_3$	2 g	2.35 g	Zuckerhirse	4.88	4.18	0.204
68	2.97 g $CaSiO_3$	K_3PO_4	$(NH_4)_2HPO_4$	„	3.67	3.89	0.143
				Durchschnitt:	4.28		0.173
69	20 g $CaCO_3$	2 g	2.35 g	Goldthorpegerste	13.66	2.37	0.324
70	2.97 g $CaSiO_3$	K_3PO_4	$(NH_4)_2HPO_4$	„	13.85	2.28	0.315
				Durchschnitt:	13.76		0.320
71	20 g $CaCO_3$	2 g	2.35 g	weisser Senf	0	0	0
72	2.97 g $CaSiO_3$	K_3PO_4	$(NH_4)_2HPO_4$	„	0	0	0
				Durchschnitt:	0		0
73	20 g $CaCO_3$	0.6 g	3.60 g	Mais	35.58	1.24	0.442
74	3.47 g $CaHPO_4$	K_3PO_4	KNO_3	„	31.48	1.28	0.402
				Durchschnitt:	33.53		0.422
75	20 g $CaCO_3$	0.6 g	3.60 g	Zuckerhirse	5.93	3.34	0.198
76	3.47 g $CaHPO_4$	K_3PO_4	KNO_3	„	4.95	3.31	0.164
				Durchschnitt:	5.44		0.181
77	20 g $CaCO_3$	0.6 g	3.60 g	Goldthorpegerste	12.47	2.33	0.291
78	3.47 g $CaHPO_4$	K_3PO_4	KNO_3	„	11.52	2.86	0.329
				Durchschnitt:	12.00		0.310
79	20 g $CaCO_3$	0.6 g	3.60 g	weisser Senf	17.45	1.98	0.345
80	3.47 g $CaHPO_4$	K_3PO_4	KNO_3	„	16.65	2.35	0.392
				Durchschnitt:	17.05		0.368

Noch Tabelle III.

Nummer	Kalkgabe	Kaliphosphat	Stickstoff-gabe	Pflanze:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
				Sonderbehandlung mit gebranntem Kalk.			
81	10 g CaO 2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	Mais	23.52	2.08	0.489
82				„	23.78	1.99	0.473
				Durchschnitt:	23.65		0.481
83	10 g CaO 2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	Zuckerhirse	5.06	4.44	0.225
84				„	6.46	4.48	0.290
				Durchschnitt:	5.76		0.257
85	10 g CaO 2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	Goldthorpegerste	6.92	3.55	0.246
86				„	3.66	3.49	0.128
				Durchschnitt:	5.29		0.187
87	10 g CaO 2.97 g $CaSiO_3$	2 g K_3PO_4	2.35 g $(NH_4)_2HPO_4$	weisser Senf	1.00	3.15	0.031
88				„	0	0	0
				Durchschnitt:	0.50		0.016
89	10 g CaO 3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	Mais	39.16	1.29	0.504
90				„	28.94	1.11	0.322
				Durchschnitt:	34.05		0.413
91	10 g CaO 3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	Zuckerhirse	7.30	2.61	0.191
92				„	7.25	2.45	0.178
				Durchschnitt:	7.28		0.184
93	10 g CaO 3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	Goldthorpegerste	15.56	2.38	0.370
94				„	17.10	2.36	0.403
				Durchschnitt:	16.33		0.387
95	10 g CaO 3.47 g $CaHPO_4$	0.6 g K_3PO_4	3.60 g KNO_3	weisser Senf	18.38	1.73	0.317
96				„	17.57	2.46	0.432
				Durchschnitt:	17.98		0.375

Von Vegetationsbeobachtungen sei folgendes erwähnt:

Gepflanzt am 27. Juli, Aufgang vom 29. Juli an ohne Besonderheiten. Weitere Mitteilungen entnehme man zunächst aus der folgenden graphischen Darstellung, die ich für ausführliche, übersichtliche und wenig Platz beanspruchende Hervorhebung der Vegetationsbeobachtungen empfehlen zu können glaube. Vorteilhaft ist es dabei noch, wenn man die Beobachtungsnotizen in bestimmten Zwischenräumen macht, was ich allerdings erst für später kommende Versuche ausführen kann.

Um gleichzeitig auch darzulegen, wie instruktiv diese Methode der Darstellung von Vegetationsbeobachtungen ist, möchte ich gleich an die eben gegebene graphische Darstellung (Tafel I) eine Besprechung derselben in kurzen Zügen knüpfen:

Zunächst fällt schon bei oberflächlicher Betrachtung auf, dass die Linien, welche den Vegetationsverlauf der salpetergedüngten Pflanzen darstellen, mit verschwindenden Ausnahmen insgesamt über den Linien der Ammoniakpflanzen liegen, also den besseren Stand der ersten dartun. Das könnte ja nun auch auf eine bessere Wirkung des Salpeterstickstoffs an sich gedeutet werden und brauchte mit der hier in erster Linie in Frage stehenden physiologischen Reaktionsfähigkeit der Stickstoffsalze noch nicht zusammenhängen. Indes weist nähere Betrachtung des Vegetationsverlaufes doch hierauf hin. Bei theoretischer Erwägung kommt man nämlich bezüglich der Salpeter- bezw. Ammoniakdüngung auf sauerem Moorboden zu dem Schlusse, dass durch fortgesetzte Aufnahme des Stickstoffanteils beim Salpeter eine für die Pflanzen höchstens günstige Veränderung der Bodenreaktion nach der Seite geringeren Säuregehalts veranlasst werden kann; beim Ammoniaksalz muss aber, je mehr Stickstoff in die Wurzeln eindringt, um so stärker die Säure der Bodenlösung ihre pflanzenschädigende Wirkung äussern, natürlich bei säurescheuen Pflanzen in besonders starkem Maſse. Ganz dementsprechend zeigen die Salpeterlinien der Darstellung nach schnellem Ansteigen einen von einzelnem Hin- und Herschwanken nicht wesentlich veränderten gleichartigen Verlauf. Nachdem durch Stickstoffaufnahme in Form von Salpetersäure die sauere Bodenreaktion einigermaſsen verändert war, hat sich eine leidlich normale Pflanzenentwicklung dauernd halten können. Dabei haben wahrscheinlich die stärker heranwachsenden Pflanzen selbst durch Aufnahme verhältnismässig nicht ganz geringer Mengen von Kali

bezw. anderen Basen darauf hingewirkt, dass die Reaktionsänderung[1]) der Bodenflüssigkeit innerhalb gewisser Grenzen blieb.

Die Linien der Ammoniakpflanzen weisen aber deutlich nach einer Entwicklung, die eine Bevorzugung der weniger säurescheuen Pflanzen gegenüber dem Senf hervortreten lässt, darauf hin, dass nach Überschreiten eines bestimmten Punktes es mit der Entwicklung aller Pflanzen ohne Ausnahme bergab geht. Dass dies für Wirkung der physiologisch-saueren Reaktion des Ammoniakdüngers spricht, ist wohl nicht besonderen Hinweises bedürftig.

In gleicher Weise habe ich die übrigen Vegetationsbeobachtungen zur Darstellung gebracht, möchte mich aber hier auf kurze Wiedergabe des sich aus den so erhaltenen Tafeln ergebenden Materials beschränken, da die, wie erwähnt, nicht endgültige Schlüsse ermöglichende Beschaffenheit der Versuche eine umfangreiche Verwendung kostspieliger Tafeln nicht berechtigt erscheinen lassen würde.

Nach diesen Vegetationsbeobachtungen seien also noch einige Zusammenstellungen gemacht: Es zeigt sich z. B. der Senf als eine dem Ammoniakstickstoff wenigstens unter den hier obwaltenden Bedingungen recht abgeneigte Pflanze, die ausserdem auch, trotz Zugabe von kohlensaurem und Ätzkalk, scharf die physiologisch-saure Eigenschaft des Ammoniakdüngers durch steigenden Misswachs erkennen lässt. Bei den anderen Pflanzen hat bereits der kohlensaure Kalk genügt, um die mit fortschreitender Vegetation einsetzende Schädigung bei Ammoniakdüngung zu beseitigen, indes hat nur der Mais unter diesen Umständen eine an die Entwicklung bei Salpeterdüngung plus Calciumkarbonat einigermaſsen entsprechende Vegetation zu erzeugen vermocht. Auffallend ist weiterhin, dass die Gabe Ätzkalk zu der Ammoniakdüngung bei Gerste wie Mais der Karbonatverwendung unterlegen geblieben ist, und nur bei Zuckerhirse und Senf ein um geringes besseres Ergebnis zustande brachte. — Näheres wird zum Teil bei der nun folgenden Erwägung der gesamten Versuchsergebnisse zu sagen sein. Vorher aber ist

---

[1]) Wenn hier und an anderen Stellen von „Reaktionsänderung" die Rede ist, so soll damit nicht etwa immer gesagt sein, dass die Reaktion aus sauerer zu basischer wurde, sondern nur, dass eben eine Veränderung der Reaktion eintrat, die sich zumeist nur durch Verminderung der Stärke der bisherigen, bezw. auch durch Vermehrung, zu erkennen gab.

noch die Ermittelung der Gefässreaktionen nach Beendigung des Versuches von einiger Bedeutung; sie fand mit Lackmuspapier durch Betupfen statt, natürlich eine nur sehr rohe Methode. Es ergab sich so:

Gefäss		Gefäss	
49/50	mässig sauer	65/66	ziemlich stark sauer
51/52	mässig-stärker sauer	67/68	stark sauer
53/54	stark sauer	69/70	schwach sauer
55/56	ziemlich stark sauer	71/72	mässig sauer
57/58	ganz schwach sauer	73/74	ganz schwach sauer
59/60	schwach sauer	75/76	ganz schwach sauer
61/62	mässig sauer	77/78	schwach sauer
63/64	mässig sauer	79/80	schwach sauer

Gefäss	
81/82	mässig sauer
83/84	mässig sauer
85/86	mässig sauer
87/88	stark sauer
89/90	fast neutral
91/92	ganz schwach sauer
93/94	fast neutral
95/96	neutral

Wenn ich jetzt eine Besprechung des Versuches folgen lasse, so bin ich mir wohl bewusst, dass die erzielten Ergebnisse durchaus nicht zu festen Schlussfolgerungen berechtigen. Einerseits stören Ungleichheiten in der Ernte, die nicht unerheblich sind, und wegen der geringen Anzahl von Parallelgefässen um so schwerer ins Gewicht fallen. Nur recht bedeutende Unterschiede werden daher als genügend beglaubigt angesehen werden dürfen. Weiterhin wird aber zur ausreichenden Beantwortung der sich aufdrängenden Fragen überhaupt ein Versuch nicht genügen. Ich glaube vielmehr, und habe deswegen hier auch der graphischen Darstellung des Vegetationsverlaufes grössere Beachtung geschenkt, dass auch diese in erheblichem Maſse herangezogen werden müsste, weniger, um auf Grund solcher stets recht subjektiv gefärbter Feststellungen nun wissenschaftliche Folgerungen aufzubauen, als um sie zur Basis neuer Vegetationsversuche zu machen. So wäre es z. B. meine Aufgabe gewesen, die von einem gewissen Punkt an bei Ammoniakdüngung einsetzende Schädigung infolge physiologisch sauerer Reaktion durch Vegetationsversuche zu fixieren und zu klären, bei denen durch allwöchentlich etwa vorgenommene Ernte einer Anzahl gleich behandelter Gefässe Boden-

reaktion und Schädigungsbeginn, sowie zu der betreffenden Zeit erfolgte Stickstoffaufnahme möglichst genau festzustellen gewesen wäre. Ich erwähne dies hier, um nochmals zu dokumentieren, dass ich diesen Aufsatz nur als Mitteilung von Bruchstücken ansehe, deren Ergänzung für mich zur Zeit nicht durchführbar erscheint.

Was nun die erhaltenen Ernten anbelangt, so macht sich in ähnlicher Weise, wie bei dem erstbesprochenen Versuch, die grössere oder geringere Säurescheu der Pflanzen recht deutlich bemerkbar. Ich stelle, um das zu zeigen, z. B. zusammen:

		Stickstofferrnte
Ammoniakdüngung ohne Kalkgabe	Mais	0.247 g
„ „ „	Senf	keine

Weiter bietet sich folgende Reihe dar, die auch ein Beispiel für die Bedeutsamkeit sowohl der physiologischen Reaktion, wie der Reaktionsempfindlichkeit der Pflanzen ist:

	Stickstofferrnte
Salpeterdüngung zu Zuckerhirse ohne Kalk	0.200 g
„ „ „ mit kohlensaurem Kalk . .	0.181 „
„ „ „ „ Ätzkalk	0.184 „

Das heisst, die Zuckerhirse konnte trotz der saueren Reaktion des Hochmoorbodens[1]) bereits wegen der physiologisch-basischen Eigenschaft der Salpeterdüngung auf ihm nicht weniger hohe Stickstoffbeträge aufnehmen, als wenn mit Calciumkarbonat oder Ätzkalk gedüngt wurde. Allerdings fand sie dabei Unterstützung in ihrer verhältnismässig geringen Säurescheu und unterschied sich hierin namhaft z. B. vom Senf, der unter gleichen Bedingungen: ohne Kalk 0.166 g Stickstofferrnte, mit Calciumkarbonat dagegen 0.368 g erzielte.

Schwieriger ist bereits die Schädlichkeit stärkerer basischer Reaktion für die wenig säurescheuen Pflanzen aus meinen Versuchsergebnissen herauszulesen; einige Andeutungen mögen aber gleichwohl hier hervorgehoben sein:

---

[1]) Dass auf dem sauren Hochmoor bei Fehlen der physiologisch-basischen Reaktion des Salpeters Zuckerhirse nicht erhebliche Stickstoffmengen aufnimmt, zeigen die bei Ammoniakdüngung erhaltenen Stickstofferrnten dieses wie des vorigen Versuches.

	Trockensubstanzernte	Stickstofferntte
Mais mit Ätzkalk, Ammoniakdüngung .	23.7 g	0.481 g
„ „ „ Salpeterdüngung . .	34.1 „	0.413 „
Zuckerhirse mit Ätzkalk, Ammoniakdüng.	5.8 „	0.257 „
„ „ „ Salpeterdüngung	7.3 „	0.184 „

Beide Male eine geringere Trockensubstanzernte bei Ammoniakdüngung, aber erhöhte Stickstoffaufnahme. Man könnte als Erklärung dieses eigenartigen Zusammentreffens annehmen, dass die sinkende sauere Reaktion des Bodens zwar dem Allgemeinbefinden der Pflanzen in dem hier zu beobachtenden Umfang — die Endreaktion blieb auch bei der Salpeterdüngung immer noch leicht sauer — nützlich gewesen ist, dagegen die Stickstoffaufnahme durch die Wurzeln eingeschränkt hat.

Doch ist nach Lage der Dinge ein einigermafsen sicher zu begründender Schluss nicht zu ziehen, und daher verzichte ich auch darauf, noch verschiedene zur Besprechung anregende Versuchsergebnisse aus den oben angeführten Zahlen zu behandeln. Es sei nur allgemein hervorgehoben, dass auch die Aufschliessung der Moorsubstanz bei Düngung mit Salpeter durch die zurückbleibende Base eine gewisse Bedeutung wird beanspruchen können und gegebenenfalls eine mässigen Umfang erreichende Schädigung durch physiologisch-basische Wirkung verdecken mag.

So unvollständig die vorbehandelten Versuche nun auch sein mögen, immerhin dürften sie einen nützlichen Hinweis auf die Bedeutung der physiologischen Reaktion und der Säureempfindlichkeit der benutzten Pflanzen für die Deutung und Erklärung der verschiedenen Wirkung unserer Stickstoffdünger enthalten haben. Da jedoch Einwände in der Richtung zu erwarten waren, dass durch Verwendung von Hochmoorboden eigenartige und nicht mafsgebliche Verhältnisse geschaffen worden wären, so habe ich gleichzeitig auch mit Mineralboden auf dem Gebiet der Reaktionsänderung durch Stickstoffdüngung experimentelle Studien begonnen, die auch deutlichere und von Nebenwirkungen weniger getrübte Bilder erbrachten, freilich aus den mehrfach erwähnten Gründen gleichfalls nicht abschliessende Ergebnisse zu geben vermögen.

Es war selbstverständlich, dass nur ein von Bestandteilen basischer Eigenschaft möglichst freier Boden die hier in Frage kommenden Wirkungen zur Genüge in Erscheinung treten lassen konnte. Daher war vorher sauerer Hochmoorboden gewählt

worden, deswegen griff ich jetzt zu mit Salzsäure ausgelaugtem Odersand als Versuchsmedium.

Als Gefässe dienten Glastöpfe mit Glaslüftungseinsätzen, die nach Einbringung einer mit 10 % Salzsäure ausgelaugten und dann gründlichst mit heissem destillierten Wasser ausgewaschenen, zuletzt ausgeglühten Kiesschicht noch 4000 g gleichbehandelten Odersandes aufnahmen. Der Sand erhielt etwa 12 % seines Gewichtes an Wasser. Als Grunddüngung wurden, je nachdem Salpeter oder Ammoniak die Stickstoffquelle zu bilden hatte, zwei verschiedene Gruppen von Nährsalzen verwendet, um möglichste Ausgleichung zu erzielen:

A.	B.
2.08 g Kochsalz	2.44 g Calciumsulfat[1])
2.00 „ Trikaliumphosphat	2.00 „ Trikaliumphosphat
0.75 „ Magnesiumchlorid	0.75 „ Magnesiumchlorid
1.50 „ Calciumsulfat	1.50 „ Calciumsulfat[1])

Die Stickstoffdüngung betrug bei der Ammoniakgabe 0.488 g pro Gefäss als Ammoniumsulfat, bei der Salpetergabe 0.483 g als Natriumnitrat. Der ausgewaschene und schwach geglühte Odersand enthielt noch 8 mg durch die Kjeldahlmethode nachweisbaren Gesamtstickstoff im Kilogramm, war also praktisch stickstofffrei. Beginn des Versuches am 22. April 1907, Ernte wegen fortgeschrittener Blüte des Senfs am 8. Juni desselben Jahres.

Tabelle IV.

Nummer	Stickstoffdüngung:	Pflanzenart:	Grund-düngung	Trocken-substanz-ernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoff-ernte g
1	Ammoniumsulfat	Pferdezahnmais	A	1.45	5.25	0.076
2	„	„	„	0.52	4.66	0.024
3	„	„	„	0.63	5.50	0.035
			Durchschnitt:	0.87		0.045

[1]) Also zusammen 3.94 g Calciumsulfat. Die Verwendung von Gips, um den notwendigen Kalk zuzuführen, erscheint nicht zweckmässig, da Gips und etwa entstehendes Natriumkarbonat sich leicht zu Calciumkarbonat und Natriumsulfat umsetzen können, und letzteres keine basische Wirkung mehr hervorruft. Vergl. auch später.

Nummer	Stickstoffdüngung:	Pflanzenart:	Grund-düngung	Trocken-substanz-ernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoff-ernte g
4	Ammoniumsulfat	Zuckerhirse	A	0.53	6.53	0.028
5	"	"	"	0.17	9.03	0.015
6	"	"	"	0.16	4.87	0.008
		Durchschnitt:		0.29		0.017
7	Ammoniumsulfat	Goldthorpegerste	A	3.76	3.82	0.067
8	"	"	"	3.81	3.91	0.069
9	"	"	"	2.46	4.15	0.068
		Durchschnitt:		3.34		0.068
10	Ammoniumsulfat	weisser Senf	A	0.23	5.85	0.017
11	"	"	"	0.11	3.09	0.003
12	"	"	"	0.21	3.79	0.008
		Durchschnitt:		0.18		0.009
13	Natriumnitrat	Pferdezahnmais	B	11.07	3.30	0.365
14	"	"	"	8.16	3.96	0.323
[15[1])	"	"	"	4.96	3.94	0.195]
		Durchschnitt:		9.62		0.344
16	Natriumnitrat	Zuckerhirse	B	0.54	5.42	0.029
17	"	"	"	1.39	3.42	0.047
18	"	"	"	0.71	4.36	0.031
		Durchschnitt:		0.88		0.036
19	Natriumnitrat	Goldthorpegerste	B	11.70	3.28	0.384
20	"	"	"	11.14	3.50	0.399
21	"	"	"	12.29	3.47	0.427
		Durchschnitt:		11.71		0.403
22	Natriumnitrat	weisser Senf	B	16.84	2.62	0.441
23	"	"	"	18.15	2.38	0.433
24	"	"	"	16.66	2.81	0.466
		Durchschnitt:		17.22		0.447

[1]) Insektenschädigung.

Näheres Eingehen auf die Vegetationsbeobachtungen erübrigt sich, da dieselben nur das durch die Ernte gebotene Bild bestätigen. Bemerkt sei allenfalls, dass die zehn Körner der Saat vom 26. April an aufgingen, dass bereits am 29. der Salpetersenf besser stand, als der mit Ammoniakstickstoff versehene, eine Erscheinung, die am 7. Mai auch bei der Gerste,[1]) am 13. und deutlicher am 22. Mai bei Mais und Zuckerhirse sich zeigte. Bei der Ernte reagiert Gefäss 1—12 nicht besonders stark, aber doch deutlich sauer. Die Wurzeln sind in 1—3 und 7—9 zum grösseren Teil schwarzbraun verfärbt, daneben zeigen sich aber wieder ganz gesunde, augenscheinlich neugebildete Wurzeln in ziemlicher Anzahl. Wurzeln in 4—6 und 10—12 verkümmert und krank, in 13—24 normal und gesund. Reaktion 13—15 recht stark basisch, 16—18 ganz schwach basisch; 19—21 reagiert mässig stark basisch, 22—24 eher etwas stärker.

Zu den Ernteergebnissen ist ein Kommentar kaum notwendig. Sie zeigen mit ziemlicher Schärfe, wie verheerend die physiologische Säurewirkung einer gar nicht übergrossen Ammoniakgabe auf die Pflanzen zu wirken vermag, obwohl sich unter diesen drei befanden, die nicht als ausgesprochen säurescheu bezeichnet werden können, nämlich Mais, Zuckerhirse und Gerste, wofür die vorhergegangenen Versuche genügende Unterlagen liefern. Was die etwaige Schädigung durch physiologische Basizität der Salpeterdüngung anbetrifft, so mag sie durch eine nicht genügend zweckmässig ausgewählte Grunddüngung undeutlich gemacht worden sein, worauf bereits hingewiesen wurde. Jedenfalls hat aber auch bei Salpeterdüngung die Zuckerhirse eine durchaus ungenügende Entwicklung gezeigt, obwohl keinerlei andere Ursache für dieselbe in Betracht zu kommen scheint, als Basizität der Bodenlösung. Auch der Mais zeigt bei Salpeterdüngung gegenüber Gerste und Senf ein so erhebliches Zurückbleiben in der Stickstofferute, dass man die gleiche Ursache dafür haftbar zu machen geneigt ist. Die nicht allzu hohe Frühjahrswärme wird wenigstens den geschützt im Glashause stehenden Pflanzen wärmeren Klimas, wie Mais und Zuckerhirse, kein besonderes Entwicklungshemmnis gewesen sein.

---

[1]) Hier wie sonst ist Goldthorpegerste benutzt.

War es bisher demnach häufig und zuletzt in aller wünschenswerten Schärfe gelungen, den Einfluss physiologisch-sauerer Reaktion auf die Pflanzenentwicklung, wie auch den Zusammenhang der benutzten Pflanzenart hiermit darzutun, so fehlte doch ein recht deutliches Beispiel für das Gegenteil, die Wirkung der physiologisch-basischen Reaktion. Das sollte der nun beschriebene Versuch erbringen.

Glasgefässe und Einsätze, sowie Beschickung der Gefässe mit Kies die gleiche, wie beim vorhergehenden Versuch. Sandmenge 4500 g geglühten, vorher mit Salzsäure und Wasser ausgewaschenen Sandes. Wassergabe wie zuvor.

Bezüglich der Grunddüngung war zu beachten, dass bei dem vorhergehenden Versuch wegen der nicht geringen Verwendung von Kalk- und Magnesiumsalzen bei Grund- bezw. Kompensationsdüngung die Möglichkeit vorhanden gewesen war, dass bei Stickstoffaufnahme aus dem Natronsalpeter entstehendes Natriumkarbonat sich mit Magnesiumchlorid oder Calciumsulfat zu Natriumchlorid bezw. -sulfat und Magnesium- oder Calciumkarbonat umsetzte, so die alkalische Reaktion beseitigend oder wenigstens erheblich herabsetzend. Dem sollte nun nach Möglichkeit vorgebeugt werden, ausserdem aber auch die physiologisch-sauere Wirkung des Ammoniumsulfats vermindert werden, da es nach dem Ergebnis des vorigen Versuches natürlich keinerlei Interesse mehr bieten konnte, nochmals auf diese Weise die Vegetation bei Ammoniakdüngung zu vernichten.

Ich glaubte am meisten bei der Verwendung von Kalksilikat[1]) davor gesichert zu sein, dass die erwähnte Umsetzung mit Natriumkarbonat in erheblicherem Maße vor sich ging. Als Kalkquelle konnte diese Verbindung ausserdem mit Sicherheit für die Pflanzen in Frage kommen, da man ja auch in der Natur das Vorhandensein aufnehmbarer Kalksilikate ziemlich allgemein annimmt. Um aber auf alle Fälle genügend aufnehmbaren Kalk für das Bedürfnis der Pflanzen im Boden zu haben, gab ich 2 g davon. Dazu kam als weitere Grunddüngung: 2 g Trikaliumphosphat, 0.3 g Chlorkalium, 0.2 g Chlormagnesium, sowie als Ausgleichsgabe bei Verwendung von Ammoniumstickstoff 3.12 g Kochsalz, bei Salpeterdüngung aber 1.28 g Natriumsulfat. Die Stickstoffgabe wurde, wie erwähnt, zur Verminderung der physiologisch

[1]) Von MERK.

bedingten Schädigung, bei Ammoniakdüngung halb in Form von Ammoniumsulfat, halb als das physiologisch nur schwach reagierende Ammoniumnitrat gegeben, und zwar mit zusammen 0.476 g Stickstoff. Die Salpetergabe enthielt 0.474 g Stickstoff in Form des Natronsalzes. Die Saat enthielt auf das Gefäss 15 Körner, der Versuch begann am 20. Juli 1907 und schloss am 11. September. Zunächst mag ein auch die Ernten umfassender Plan folgen:

Tabelle V.

Nummer	Stickstoffdüngung:	Ausgleichdüngung:	Pflanze:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
1	rund 0.25 g N als Ammonsulfat	3.12 g Kochsalz	Mais	34.90	1.16	0.406
2	rund 0.25 g N als Ammonnitrat	" " "	"	30.03	1.25	0.375
3		" " "	"	28.83	1.24	0.358
			Durchschnitt:	31.25		0.380
4	rund 0.25 g N als Ammonsulfat	3.12 g Kochsalz	Zuckerhirse	11.02	2.33	0.256
5	rund 0.25 g N als Ammonnitrat	" " "	"	11.07	2.31	0.256
6		" " "	"	8.88	2.42	0.215
			Durchschnitt:	10.32		0.243
7	rund 0.25 g N als Ammonsulfat	3.12 g Kochsalz	Hafer	19.02	1.73	0.329
8	rund 0.25 g N als Ammonnitrat	" " "	"	13.66	1.68	0.229
9		" " "	"	19.02	1.68	0.319
			Durchschnitt:	17.23		0.293
10	rund 0.25 g N als Ammonsulfat	3.12 g Kochsalz	weisser Senf	8.56	1.73	0.148
11	rund 0.25 g N als Ammonnitrat	" " "	"	11.40	2.27	0.259
12		" " "	"	6.22	1.61	0.100
			Durchschnitt:	8.73		0.169
13	rund 0.5 g N als Natronnitrat	1.28 g Natriumsulfat	Mais	31.97	1.15	0.366
14		" " "	"	27.86	1.27	0.354
15		" " "	"	30.27	1.33	0.401
			Durchschnitt:	30.03		0.374

Nummer	Stickstoffdüngung:	Ausgleichdüngung:	Pflanze:	Trockensubstanzernte g	Stickstoff in der Tr.-S. %	Stickstoffernte g
16	rund 0.5 g N als Natronnitrat	1.28 g Natriumsulfat	Zuckerhirse	10.81	1.36	0.147
17	"	" " "	"	11.93	1.11	0.132
18	"	" " "	"	13.72	1.09	0.149
			Durchschnitt:	12.15		0.143
19	rund 0.5 g N als Natronnitrat	1.28 g Natriumsulfat	Hafer	15.19	1.71	0.259
20	"	" " "	"	13.59	1.70	0.231
21	"	" " "	"	12.98	1.90	0.246
			Durchschnitt:	13.92		0.245
22	rund 0.5 g N als Natronnitrat	1.28 g Natriumsulfat	weisser Senf	6.04	2.42	0.146
23	"	" " "	"	9.69	2.40	0.233
24	"	" " "	"	6.35	2.31	0.147
			Durchschnitt:	7.36		0.175

Von Vegetationsbeobachtungen sei das Folgende erwähnt:

Aufgang bei Senf und Gerste vom 24., bei Mais und Zuckerhirse vom 26.—27. Juli an. In der ersten Zeit zeigt sich, dass Mais und Zuckerhirse bei Ammoniakgabe, Senf und Hafer bei Salpetergabe besser stehen. Doch schwanken diese Erscheinungen bei der Zuckerhirse, wogegen beim Mais die bessere Entwicklung der Ammoniakpflanzen immer deutlicher wird. In dem letzten Abschnitt der Vegetationszeit weist aber auch die Zuckerhirse eine deutlich bessere Entwicklung bei Ammoniakdüngung auf. Ebenso wechselt die Gerste insofern ihr Aussehen, als auch sie in den letzten drei Wochen des Versuches bei Ammoniakdüngung einen günstigeren Stand erreicht, als bei der Salpetergabe. Die Senfgefässe müssen bei der Betrachtung leider von Beginn der letzten drei Vegetationswochen an ausscheiden, da sie infolge eines Missverständnisses durch den Gärtner mit Alkohol zur Vertreibung einiger Blattläuse betupft wurden und hierdurch erheblich litten. Bei der Ernte blüht der Senf und die mit Ammoniak gedüngte Gerste zeigt ihre Ähren.

Die Untersuchung der Reaktion der Bodenlösung ergab folgende Werte:

Gefäss		Gefäss	
1—3	deutlich sauer	4—6	sehr schwach sauer
7—9	schwach sauer	10—12	schwache Spur sauer
13—15	deutlich basisch	16—18	stärker basisch
19—21	deutlich basisch	22—24	stärker bis stark basisch

Wende ich mich nun zur Besprechung der Versuchsergebnisse, so habe ich zunächst festzustellen, dass die deutliche Darstellung einer Schädigung durch physiologisch basische Reaktion des Natronsalpeters erreicht worden ist. Die Zuckerhirse hat mit

	Trockensubstanz	Stickstoff
Ammoniak	10.3 g	0.243 g
Salpeter	12.2 „	0.143 „

erbracht. Es zeigt sich aber auch hier wieder die bereits bei Besprechung der Anzeichen für Schädigung infolge physiologischer Basizität für Versuch II hervorgehobene Eigentümlichkeit, dass durch physiologisch-basische Reaktion wohl die Stickstoffaufnahme, nicht aber die Trockensubstanzproduktion gehemmt wird. Ich wiederhole die diesbezüglichen Zahlen hier:

	Trockensubstanz	Stickstoff	
Mais mit Ammoniak	23.7 g	0.481 g	bei allen fand eine Ätzkalkgabe statt.
Mais mit Salpeter	34.1 „	0.413 „ [1]	
Zuckerhirse mit Ammoniak . .	5.8 „	0.257 „	
Zuckerhirse mit Salpeter . . .	7.3 „	0.184 „	

Einige Mutmaſsungen über die Ursache dieser Besonderheiten, falls man dieselben auf Grund der vorliegenden Ergebnisse als Gesetzmässigkeiten ansehen will, wären nicht allzu schwer zu geben. Man könnte z. B. damit rechnen, dass die steigende Alkalität der Bodenlösung auch auf die Reaktion innerhalb der Wurzeln einen Einfluss ausübt und dabei die Verarbeitung des aufgenommenen Stickstoffs erschwert, sonst aber vielleicht andere Vorgänge begünstigt, so dass die Pflanze sich nur genötigt sieht, mit weniger Stickstoff auszukommen. Doch dürfte es zweckmässiger sein, wenn man die hier vorliegenden Tatsachen vor einem Erklärungsversuch erst noch eingehender studiert.

---

[1]) Wert unsicher, vergl. die Ernteangaben.

Auch der Hafer zeigt vielleicht eine kleine Schädigung durch physiologisch-basische Reaktion, allerdings sowohl bei Trockensubstanz wie bei Stickstoffaufnahme. Er erbrachte mit

	Trockensubstanz	Stickstoff
Ammoniak	17.2 g	0.293 g
Salpeter.	13.9 „	0.246 „

Ein ähnliches, aber nur andeutungsweise sich geltend machendes Verhalten wies bei Versuch II die Gerste auf, bei Kalkkarbonatgabe ergab sie nämlich mit:

	Trockensubstanz	Stickstoff
Ammoniak	13.8 g	0.320 g
Salpeter.	12.0 „	0.310 „

Der Mais scheint eine besonders weite Spannweite für Säure- und Basenempfindlichkeit zu besitzen, denn er hat bei am Schluss deutlich sauerer Reaktion der Bodenlösung die gleiche Ernte zu bringen vermocht, wie bei deutlich basischer. Wahrscheinlich ist diese starke Anpassungsfähigkeit durch sein erhebliches Wurzelneubildungsvermögen bedingt, das ihn befähigt, grössere Mengen der eine ungünstige Bodenreaktion verursachenden Verbindung in daran zugrunde gehenden Wurzeln festzulegen, aber gleichzeitig durch Bildung neuer Wurzeln seine Ernährung in der so gewissermaſsen etwas verbesserten Bodenlösung weiterzuführen. Darauf weist wenigstens das bei Versuch III erhaltene Wurzelbild hin.

Es kann hier, angesichts der Unvollständigkeit und sonstigen Mangelhaftigkeit meines Versuchsmaterials, nicht meine Aufgabe sein, noch weiter auf dasselbe einzugehen. Ich schliesse daher mit der Ansicht, dass es jedenfalls ausreichen mag, die Bedeutung der Reaktionsänderung infolge von Stickstoffdüngung unter gewissen Umständen darzutun. Es wird sich auch bei näherer Betrachtung der einzelnen Ergebnisse zeigen, dass in vielen Fällen augenscheinlich die Ursache für verschiedene Wirkung der beiden Hauptstickstoffdüngemittel fast ausschliesslich durch ihre physiologische Reaktionsfähigkeit begründet war. Wenn auch im gewöhnlichen Ackerboden und bei den üblichen Vegetationsversuchen Verhältnisse obwalten, die mit den bei meinen Versuchen künstlich herbeigeführten häufig nicht verglichen

werden können, so mag es doch angebracht sein, den hier allerdings noch lange nicht ausreichend beleuchteten Erscheinungen etwas eingehendere Beachtung auch dort zu schenken.

Zum Schluss möchte ich nicht verfehlen, Herrn Professor PFEIFFER-Breslau, in dessen Institut und Vegetationsstation ich die vorbesprochenen Versuche durchführen durfte, wie Herrn Professor VON RÜMKER-Breslau, und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, denen ich einen grossen Teil der für dieselben erforderlichen Mittel verdanke, auch hier meinen ergebenen, aufrichtigen Dank auszusprechen.

Über die Menge Milchfett, welche von Ziegen und Milchschafen erzeugt wird.

Nach von C. BEGER, G. FINGERLING und F. WESTHAUSSER an der Versuchsstation Hohenheim ausgeführten Untersuchungen zusammengestellt

von

A. MORGEN.

Die im Verein mit meinen Mitarbeitern in den Jahren 1900 bis 1905 mit Schafen und Ziegen ausgeführten Untersuchungen über den Einfluss des Nahrungsfettes auf die Milchproduktion [1]) hatten zu dem Resultat geführt, dass das Nahrungsfett in einer Menge von 0.5—1.0 Teilen auf 1000 Teile Lebendgewicht einen sehr günstigen Einfluss auf die Milchbildung und zwar speziell auf die Bildung von Milchfett ausübt; grössere Mengen als 1 Teil Fett wirkten dagegen meistens schon ungünstig.

Zu einem anderen Resultat führten Versuche mit Kühen, welche auf Veranlassung des Verbands der Versuchs-Stationen mit Unterstützung des Deutschen Landwirtschaftsrates durch 10 Versuchsstationen in 10 Wirtschaften mit etwa 200 Tieren zur Ausführung kamen [2]). Die Fettmenge, welche in diesen Versuchen den Tieren gegeben wurde, betrug in den fettarmen Perioden rund 0.4, in den fettreichen 0.9—1.0 Teile auf 1000 Teile Lebendgewicht. Bei den einzelnen Tieren wirkte die hohe

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 61, S. 1, Bd. 62, S. 251 und Bd. 64, S. 93. Diese Arbeiten, besonders aber der Bericht über die Versuche des Jahres 1906 in Bd. 66, S. 63 enthalten auch das Material für die weiter unten aufgeführten Berechnungen.

[2]) Bericht des Deutschen Landwirtschaftsrates: Untersuchungen über die Wirkung des Nahrungsfettes auf die Milchproduktion, von H. NEUBAUER, Th. PFEIFFER, M. SCHMÖGER, P. WAGNER, H. IMMENDORFF, H. WEIGMANN, W. SCHNEIDEWIND, G. LOGES, A. KLEEMANN und Th. HENKEL, Berlin, 1907 (2 Hefte); allgem. Bericht von O. KELLNER (1 Heft).

Fettgabe sehr verschieden, es zeigte sich hier sehr deutlich der grosse Einfluss, den die Individualität ausübt; im Mittel der Tiere einer jeden der 10 Versuchsreihen trat aber in der Mehrzahl derselben eine nicht günstige Wirkung der hohen Fettgaben hervor, indem die produzierte Fettmenge sich verminderte; dieselbe kam im allgemeinen dadurch zustande, dass der prozentische Fettgehalt der Milch sich in umgekehrter Richtung wie die Veränderungen der Milchmenge bewegte.

Ob dieses von unseren Beobachtungen abweichende Resultat auf die Verwendung von Reisfuttermehl, einem von manchen Seiten für die Milchproduktion für wenig geeignet gehaltenen Futttermittel zurückzuführen ist, wie von zwei der Versuchsansteller vermutet wird, und ob man bei Verwendung eines anderen fettreichen Futtermittels eine bessere Wirkung erzielt haben würde, möchte ich dahingestellt sein lassen. Ein von FINGERLING[1]) mit Reismehl an Ziegen ausgeführter Versuch spricht gegen diese Annahme, denn bei demselben wurde dieselbe günstige Wirkung des Fettes beobachtet, wie wir sie bei unseren Versuchen mit Erdnussöl stets gefunden hatten.

Der Grund für das abweichende Verhalten der Schafe und Ziegen einerseits und der Kühe andererseits gegen eine grössere Fettzufuhr im Futter scheint mir vielmehr in der Art der Tiere und in der Art der Versuchsanstellung zu liegen, welche Ansicht auch KELLNER in der vierten Auflage seines Lehrbuches[2]) vertritt.

Was zunächst die Art der Versuchsanstellung anbetrifft, so musste diese, dem Zweck der Versuche entsprechend, eine ganz verschiedene sein bei unseren Versuchen und bei den mit Kühen ausgeführten Versuchen des Deutschen Landwirtschaftsrates. In letzterem Falle handelte es sich um praktische Versuche, durch welche die Rentabilität einer fettreichen Fütterung geprüft werden sollte, während die Hohenheimer Versuche lediglich zur Prüfung der physiologischen Rolle, welche das Nahrungsfett bei der Milchbildung spielt, dienen sollten. Dass unsere Versuche zur Beantwortung von Rentabilitätsfragen nicht dienen konnten und sollten, habe ich in dem ersten Bericht (Bd. 61, S. 124)

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 64, S. 299.

[2]) O. KELLNER, Die Ernährung der landw. Nutztiere. Vierte Auflage, S. 551, Verlag von Paul Parey in Berlin, 1907.

ausdrücklich betont, wo ich auch die Ansicht ausgesprochen habe, dass in der Praxis eine Beigabe von Fett als Öl oder in Form von besonders fettreichen Futtermitteln nur in Ausnahmefällen von Wirkung sein wird; dabei leitete mich die Vermutung, dass der Bedarf der Kühe an Fett ein geringerer sein wird, als der der Ziegen und Schafe. Ich habe daher S. 125 auch darauf hingewiesen, dass die Resultate unserer Versuche nicht ohne weiteres auf andere Tierarten übertragen werden dürfen.

Um die physiologische Rolle des Fettes zu erforschen, mussten wir bei unseren Versuchen, wie ich in dem ersten Bericht S. 8 näher dargelegt habe, so verfahren, dass wir Rationen mit mehr oder weniger grossen Fettmengen in Vergleich stellten mit extrem fettarmen Rationen, denn nur auf diese Weise konnte die Art der Wirkung des Fettes und die günstigste Menge desselben ermittelt werden. Wir haben nun gefunden, dass das Fett nur bis zu einer gewissen Grenze, die durch die Individualität und jedenfalls ebenso durch die Tierart bedingt ist, wirkt, dass beim Überschreiten dieser Grenze die Wirkung aufhört oder in das Gegenteil umschlägt, und dass, wo diese Grenze nicht bekannt ist, eine Wirkung des Fettes nur eintreten und beobachtet werden kann im Vergleich mit einer sehr fettarmen Ration, deren Fettmenge sicher unter dem Optimum liegt. Hätte man dieses Optimum bei Kühen ermitteln wollen, so hätte man die Versuchsanordnung ähnlich gestalten müssen, man hätte ein Futter mit mittlerem Fettgehalt von 0.5—0.8 pro 1000 mit einem an Fett sehr armen von nur 0.1 Fett vergleichen müssen, und ich zweifle nicht, dass man dann auch bei Kühen zu demselben, für das Fett günstigen Resultat gekommen wäre, wie wir bei unseren Versuchen mit Schafen und Ziegen. Eine solche Versuchsanordnung hätte aber natürlich dem Zweck dieser praktischen Versuche, durch welche ja nicht die physiologische Rolle des Fettes, sondern vielmehr die Rentabilität einer fettreichen Fütterung gegenüber einer fettärmeren geprüft werden sollte, durchaus nicht entsprochen; es konnten bei diesen Versuchen nur solche Rationen in Vergleich gestellt werden, wie sie tatsächlich in der grossen Praxis verwendet werden, während extrem fettarme Rationen, wie solche in der Praxis nie vorkommen, auch wohl kaum herzustellen sind, auch nicht in Anwendung kommen durften. Es musste also die Art der Versuchsanstellung bei diesen Versuchen eine ihrem Zweck mehr ent-

sprechende und daher wesentlich andere sein, als bei unseren rein physiologischen Versuchen.

Als einen weiteren Grund für die verschiedenen Resultate haben wir schon auf die Art der Tiere hingewiesen und wollen dies hier noch etwas näher ausführen. Es ist bekannt, dass Schafe und Ziegen, wohl infolge ihrer verhältnismässig grösseren Körperoberfläche, schon zur blossen Lebenderhaltung mehr Nährstoffe, besonders mehr Protein gebrauchen als Kühe. Da ist es nun sehr wahrscheinlich, dass bei ihnen auch der Bedarf an Fett ein höherer sein wird, mit anderen Worten, dass das Optimum der Fettwirkung bei den Kühen niedriger liegen, vielleicht schon bei 0.5 Fett erreicht sein wird, während es bei den Schafen und Ziegen nach unseren Beobachtungen meistens bei 1.0 und nur ausnahmsweise bei einzelnen Tieren niedriger liegt.

Zur Prüfung dieser Ansicht schien es mir von Interesse, die Fettmenge zu kennen, welche die verschiedenen hier in Betracht kommenden Tiere während der Laktation zu produzieren vermögen, denn wenn es sich herausstellen würde, dass Schafe und Ziegen pro 1000 kg Lebendgewicht mehr Fett erzeugen als Kühe, so würde dies eine weitere Erklärung für den grösseren Bedarf dieser Tiere an Fett sein.

Über die Fettproduktion der Kühe liegen nun sehr umfangreiche Beobachtungen vor aus den wertvollen Untersuchungen der Milch von 63 Kühen der Herde zu Kleinhof-Tapiau, welche von FLEISCHMANN[1]) angeregt und begonnen und von HITTCHER[2]) fortgesetzt und zu Ende geführt wurden.

Von den 63 Kühen kommen für unseren Zweck 45 in Betracht, da nur bei diesen die Fettproduktion während der ganzen Laktationszeit bestimmt wurde. Die 45 Kühe wurden in 8 Jahren in 83 Fällen beobachtet, indem einzelne Tiere in mehreren, andere nur in einem Jahr zu den Versuchen dienten.

Es wurden von diesen Tieren pro 1000 kg Lebendgewicht an Milchfett produziert:

---

[1]) W. FLEISCHMANN, Untersuchung der Milch von 16 Kühen des in Ostpreussen rein gezüchteten holländischen Schlages während der Dauer einer Laktation. Verlag von Paul Parey in Berlin, 1891.

[2]) KARL HITTCHER, Gesamtbericht über die Untersuchung der Milch von 63 Kühen des in Ostpreussen rein gezüchteten holländischen Schlages während der Dauer einer oder mehrerer Laktationen. Verlag von Paul Parey in Berlin, 1899.

	Während der ganzen Laktationszeit Fett	Pro Tag Fett	Dauer der Laktation
	kg	kg	Tage
Mittel	223.75	0.7023	319
Maximum	323.80	1.0187	387
Minimum	129.70	0.4706	255

Wir wollen diesen Zahlen gleich hinzufügen, dass in einer Notiz in der Milchzeitung (1906, Bd. 35. S. 65) als hervorragender Ertrag einer Kuh eine Milchmenge von 6758.7 kg mit 388.29 kg Fett angeführt wird.

Ähnliche exakte Untersuchungen, wie sie Fleischmann und Hittcher mit Kühen ausführten, liegen über die Fettproduktion der Milchschafe meines Wissens nicht vor, und auch bei Ziegen sind nur einige wenige derartige Beobachtungen veröffentlicht worden. So teilt Anton Burr[1]) mit, dass der Milchertrag bei Ziegen sich auf das 10—12fache des Lebendgewichtes belaufe, während Kühe nur das 5—6fache des Lebendgewichtes an Milch liefern. Da der Fettgehalt der Ziegenmilch jedenfalls nicht niedriger als derjenige der Kuhmilch ist, würde danach auf eine bedeutend höhere Fettproduktion pro 1000 kg Lebendgewicht bei der Ziege zu schliessen sein. Ferner führte Untersuchungen über die Milchproduktion der Ziegen mit einer grösseren Anzahl von Tieren Ujhelyi[2]) aus. Zu den Versuchen des Jahres 1906 dienten 12 Ziegen, die pro 1000 kg Lebendgewicht folgende Fettmengen produzierten:[3])

---

[1]) Anton Burr, Die Ziegenmilch, ihre Eigenschaften und Verwertung. Leipziger Milchzeitung 1907, S. 219 ff.

[2]) Emmerich Ujhelyi, Ziegenmilchuntersuchungen. Milchwirtschaftliches Zentralblatt 1907, S. 430.

[3]) Die Zahlen habe ich aus den Angaben des Verfassers berechnet, wobei ich zu der angegebenen Zahl der Melktage überall 45 Tage als mittlere Dauer der Saugzeit hinzuaddiert habe, um die gesamte Dauer der Laktation zu erhalten. Bei den vom Verfasser im Jahre 1904 mit 7 Ziegen ausgeführten Versuchen konnte ich diese Rechnung nicht durchführen, da in der mir zur Verfügung stehenden Quelle (Der Bericht über die Versuche des Jahres 1906) nur das Mittel angegeben ist und eine Angabe über das Lebendgewicht ganz fehlt. Das Mittel dieser Versuche ist etwas niedriger. Nimmt man das gleiche Lebendgewicht wie 1906 an, so würden sich 372.7 kg Fett während der ganzen Laktationszeit und 1.131 kg Fett pro Tag und 1000 kg Lebendgewicht berechnen; doch beruht diese Rechnung auf ganz willkürlichen Annahmen bezüglich des Lebendgewichts und der Laktationszeit, da über die Saugzeit keine Angabe vorliegt.

	Während der ganzen Laktationszeit Fett kg	Pro Tag Fett kg
Mittel	467.2	1.478
Maximum . . .	770.3	2.400
Minimum . . .	211.5	0.729

Die Laktationszeit betrug einschliesslich der 45tägigen Saugzeit im Mittel 315, im Maximum 349, im Minimum 290 Tage.

Wir führten im letzten Sommer zu einem anderen Zweck an der hiesigen Versuchsstation einen Versuch mit 2 Ziegen aus, bei welchen die Milch- und Fettmenge während der ganzen Laktationszeit täglich festgestellt wurde. Leider wurde von den beiden Tieren nur das eine (No. XXIX) wieder trächtig, so dass zur Ermittelung der während der ganzen Laktationszeit produzierten Fettmenge nur dieses Tier benutzt werden kann. Dagegen können beide Tiere als Kontrolle für die weiter unten aufgeführten Berechnungen verwendet werden, da es sich hierbei nur darum handelt, die durch Rechnung gefundene Menge mit der durch den Versuch tatsächlich festgestellten zu vergleichen.

Alle Einzelheiten dieses Versuches werden wir bei anderer Gelegenheit mitteilen; hier interessiert uns nur der Fettertrag und es seien daher nur folgende Angaben über Fütterung der Tiere usw. noch gemacht.

Die Ziegen hatten am 12. resp. 11. April 1907 gelammt, am 16. April abends wurde mit dem Wägen der Milch, am 17. mit den Fettbestimmungen begonnen. Es fehlen also diese Bestimmungen nur für die ersten 5 resp. 6 Tage, für welche wir bei den späteren Berechnungen die mittlere tägliche Fettmenge des folgenden 17tägigen Abschnittes zugrunde legen werden.

Während des ganzen Versuches erhielten die Tiere das gleiche Futter, welches sie ohne jeden Rest verzehrten. Dasselbe war ein ausreichendes Futter von mittlerem Gehalt an allen Nährstoffen, welches sich aus folgenden Futtermitteln zusammensetzte:

	Ziege XXIX g	Ziege XXXI g
Wiesenheu	267	233
Trockenschnitzel	622	545
Troponabfall	159	139
Stärke	206	180
Erdnussöl	41	36
Mineralstoffe	25	25

Das Lebendgewicht der Tiere betrug bei No. XXIX 41.1, bei No. XXXI 33.7 kg. Pro 1000 kg Lebendgewicht enthielt die Ration folgende Mengen an verdaulichen Nährstoffen in Kilogramm:

	Ziege XXIX	XXXI		Ziege XXIX	XXXI
Trockensubstanz	19.88	21.22	Rohfaser	2.51	2.67
Rohprotein	4.11	4.29	N-freie	13.07	13.94
Reinprotein	3.88	4.14	Mineralstoffe	0.32	0.34
Fett	1.00	1.07	Stärkewert	19.46	20.77

Eiweissverhältnis 1 : 4.58.

Die verwendeten Futtermittel waren dieselben, welche für die im Jahre 1907 ausgeführten Amidversuche[1]) dienten; wir können daher hier bezüglich der Zusammensetzung auf jene Arbeit verweisen. Nur der Troponabfall wurde für die Amidversuche nicht benutzt; er hatte folgende Zusammensetzung:

	Rohnährstoffe %	VC.	Verdauliche Nährstoffe %
Trockensubstanz	88.24	90.0	79.41
Rohprotein	75.49	86.4	65.23
Reinprotein	74.08	86.2	63.87
Fett	0.23	52.3	0.12
Rohfaser	8.00	65.0	5.20
N-freie	0.56	90.0	0 50
Asche	3.96	50.0	1.98
Stärkewert	—	—	63.52 kg.

Für einen anderen Zweck haben wir den ganzen Versuch in 18 aufeinanderfolgende Perioden von meistens 20 Tagen eingeteilt. Von jeder dieser Perioden wurde eine Mischmilchprobe genommen und diese vollständig analysiert; ausserdem wurde in den täglichen Milchproben der Fettgehalt bestimmt. Die ersten 17 Tage (vom 16. April bis 3. Mai) des Versuches dienten zur Gewöhnung an das Futter; am 4. Mai wurde mit der ersten Periode begonnen. Für unseren Zweck benutzen wir jedoch auch die Vorperiode der ersten 17 Tage, obgleich in dieser Zeit die Futteraufnahme noch keine gleichmässige war, sondern vielfach Reste blieben; die in dieser Zeit produzierte Fettmenge ist daher voraussichtlich zu niedrig.

Störungen traten fast gar keine ein. An einem Tage missglückte bei beiden Tieren die Fettbestimmung; es wurde dafür der Fettgehalt des vorhergehenden Tages verwendet, was natür-

[1]) Diese Zeitschrift Bd. 68, S. 333.

lich auf das Resultat ohne jeden Einfluss ist und nur der Vollständigkeit halber hier erwähnt wird. Bei Ziege XXIX verlief der Versuch ganz normal, bei XXXI trat in der zweiten Periode dadurch eine Störung ein, dass das Tier sich das Euter auszusaugen versuchte. Nachdem verschiedene Mittel dagegen mit nur zeitweisem Erfolg probiert worden waren, gelang es durch Anwendung des von Dr. BEGER konstruierten Mantels[1]) den Übelstand definitiv zu beseitigen. Es dauerte dies 10 Tage, welche, da die Zahlen unsicher sind, für die anderen Zwecke des Versuches ausgeschaltet wurden; wir benutzen hier jedoch auch diese 10 Tage, nur ist zu beachten, dass in dieser Zeit die Fettmenge jedenfalls etwas zu niedrig gefunden wurde.

Der Versuch mit der Ziege XXIX wurde am 24. April 1908 abgeschlossen, obgleich das Tier an diesem Tage noch 449 g Milch lieferte; da aber diese Ziege in etwa 14 Tagen lammen sollte, wollten wir das Melken, um das Tier nicht zu schädigen, nicht länger fortsetzen. Die andere Ziege (No. XXXI) gab am 24. April noch 1083 g Milch und ist bis jetzt, etwa 4 Wochen später, noch nicht im Ertrage zurückgegangen. Für den vorliegenden Zweck haben wir den Versuch auch bei diesem Tier am 24. April abgeschlossen. Der Versuch umfasst also inkl. der ersten Tage nach dem Lammen einen Zeitraum von 379 resp. 380 Tagen.

Beide Tiere hatten während der Versuchszeit an Lebendgewicht zugenommen; bei No. XXXI betrug die Zunahme nur etwa 7 kg, bei No. XXIX dagegen über 16 kg. Diese bedeutende Zunahme ist natürlich zum grösseren Teil auf die Entwicklung des Embryos, das Fruchtwasser usw. zurückzuführen. Bei dieser grossen Differenz im Anfangs- und Endgewicht der Versuchszeit war zu erwägen, ob wir bei Berechnung der pro 1000 kg Lebendgewicht produzierten Fettmenge das Anfangsgewicht zugrunde legen konnten, was der Gleichmässigkeit wegen wünschenswert war, da wir bei den später zu besprechenden Versuchen mit Schafen auch stets das Anfangsgewicht, das ja auch zur Feststellung der Ration diente, benutzt haben. Wir haben nun bei den beiden Ziegen die Rechnung einmal mit dem Anfangsgewicht, dann aber auch in der Weise durchgeführt, dass wir für jede Periode aus der in derselben erzeugten Fettmenge und dem mittleren Lebendgewicht in der Periode die pro 1000 kg pro-

[1]) PFLÜGERS Archiv für Physiologie Bd. 120, S. 405.

duzierte Fettmenge berechneten. In der nachfolgenden Zusammenstellung der während des ganzen Versuches erhaltenen Zahlen sind auch die bei beiden Berechnungsarten gewonnenen Werte aufgeführt. Ein Vergleich derselben zeigt, dass nur unerhebliche Unterschiede vorhanden sind, denn es betrug die pro Tag und 1000 kg produzierte Fettmenge bei Berechnung aus dem

	Ziege XXIX	XXXI
Anfangsgewicht	1.006 kg	1.536 kg
Durchschnittsgewicht jeder Periode	0.905 „	1.413 „

Wir können daher für die weitere Besprechung die aus dem Anfangsgewicht gewonnenen Zahlen benutzen, die wohl auch die richtigeren sein dürften, da der Zuwachs an Lebendgewicht der Hauptsache nach wohl aus Fett besteht.

Ziege XXIX (Lebendgewicht 41.1 kg).

Periode	Versuchsabschnitt:			Lebendgewicht	Produzierte Menge Fett:		
					In der ganzen Periode		
		Datum	Dauer		pro Tier	pro 1000 kg L.-Gew.	Pro Tag
No.	No.		Tage	kg	g	kg	g
	Vorperiode	17. April bis 3. Mai	17	41.1	1 143.12	27.81	67.24
	1	4. bis 14. Mai	11	41.1	715.13	17.40	65.01
I	2	15. Mai bis 4. Juni	21	41.7	1 206.96	28.95	57.47
	3	5. bis 24. Juni	20	42.2	997.84	23.64	49.90
II	4	25. Juni bis 14. Juli	20	42.5	883.94	20.80	44.20
	5	15. Juli bis 3. August	20	43.8	800.48	18.28	40.02
III	6	4. bis 24. August	21	45.3	768.75	16.97	36.61
	7	25. Aug. bis 17. Sept.	24	46.9	853.66	18.20	35.57
IV	8	18. Sept. bis 11. Okt.	24	47.6	901.86	18.95	37.58
	9	12. bis 31. Oktober	20	47.7	878.38	18.41	43.92
V	10	1. bis 20. November	20	46.6	1 036.58	22.24	51.83
	11	21. Nov. bis 10. Dez.	20	46.8	1 039.61	22.21	51.98
VI	12	11. bis 31. Dezember	21	48.3	1 065.30	22.06	50.73
	13	1. bis 20. Januar	20	48.6	847.75	17.45	42.39
VII	14	21. Januar bis 9. Febr.	20	50.3	806.59	16.04	40.33
	15	10. bis 29. Februar	20	52.4	666.91	12.73	33.35
VIII	16	1. bis 20. März	20	55.3	330.41	5.97	16.52
	17	21. März bis 9. April	20	59.1	218.03	3.69	10.90
IX	18	10. bis 24. April	15	57.9	178.26	3.08	11.88
		Summa:	374		15 339.56	334.88	
Dazu vom 12. bis 16. April			5	g à 67.24	336.20	8.18	
		Summa:	379		15 675.76	343.06	
		Pro 1000 kg Lebendgewicht:			kg 381.4		
		Pro Tag und 1000 kg Lebendgewicht:			g 1 006.00	g 905	

Ziege XXXI (Lebendgewicht 33.7 kg).

Periode No.	Versuchsabschnitt: No.	Datum	Dauer Tage	Lebendgewicht kg	Produzierte Menge Fett: In der ganzen Periode pro Tier g	pro 1000 kg L.-Gew. kg	Pro Tag g
	Vorperiode	17. April bis 3. Mai	17	33.7	1 382.27	41.00	81.30
	1	4. bis 14. Mai	11	33.0	735.20	22.28	66.84
I	2a	15. bis 23. Mai	9	33.2	577.62	17.40	64.18
	2b[1]	24. Mai bis 2. Juni	10	33.0	513.91	15.57	51.39
	2c	3. bis 11. Juni	9	35.3	450.95	12.77	50.11
	3	12. Juni bis 1. Juli	20	34.5	1 024.45	29.69	51.22
II	4	2. bis 22. Juli	21	34.4	1 131.48	32.89	53.88
	5	23. Juli bis 11. August	20	35.6	966.70	27.15	48.33
III	6	12. bis 31. August	20	36.1	973.53	26.97	48.68
	7	1. bis 22. September	22	37.1	1 005.51	27.12	45.69
IV	8	23. Sept. bis 12. Okt.	20	37.7	860.84	22.84	43.04
	9	13. Okt. bis 1. Nov.	20	38.0	854.96	22.50	42.75
V	10	2. bis 21. November	20	38.0	951.98	25.05	47.60
	11	22. Nov. bis 11. Dez.	20	37.6	1 063.97	28.30	53.20
VI	12	12. bis 31. Dezember	20	37.7	1 025.87	27.22	51.29
	13	1. bis 20. Januar	20	38.3	1 114.31	29.09	55.72
VII	14	21. Jan. bis 9. Febr.	20	39.3	1 123.22	28.58	56.16
	15	10. bis 29. Februar	20	39.7	976.92	24.60	48.85
VIII	16[2]	1. bis 20. März	20	39.6	927.01	23.41	46.35
	17	21. März bis 9. April	20	39.9	879.68	22.05	43.98
IX	18	10. bis 24. April	15	40.2	643.02	16.00	42.87
		Summa:	374		19 183.40	522.48	
		Dazu vom 11. bis 16. April	6	à 81.30 g	487.80	14.47	
		Summa:	380		19 671.20	536.95	
		Pro 1000 kg Lebendgewicht:			583.7 kg		
		Pro Tag und 1000 kg Lebendgewicht:			1 536.00 g	1413 g	

[1]) Euter ausgesogen, daher Zahlen zu niedrig; siehe Text S. 302.

[2]) Fusskrank.

Schafe 1906.[1])

Produzierte Fettmenge in der Vorfütterung und in den Zwischenfütterungen.

Tier No.	Periode:	Datum:	Dauer Tage	Produzierte Menge Fett in Gramm: In der ganzen Periode	Pro Tag
XIII	Vorfütterung	3. bis 17. März	15	1046.9	69.79
XX	„	24. Febr. bis 17. März	22	1808.5	82.20
„	Zwischenfütterung	2. bis 15. April	14	1007.9	71.98
„	„	30. April bis 14. Mai	15	937.5	62.50
„	„	1. bis 15. Juni	15	824.5	54.98
„	„	3. bis 16. Juli	14	743.9	53.13
„	„	5. bis 14. August	10	400.1	40.01
XXII	Vorfütterung	2. bis 18. März	17	—	—
XXV	„	28. Febr. bis 18. März	19	1020.9	53.73
„	Zwischenfütterung	3. bis 17. April	15	708.6	47.24
„	„	1. bis 14. Mai	14	641.3	45.82
„	„	1. bis 15. Juni	15	653.1	43.55
„	„	3. bis 16. Juli	14	508.3	36.31
„	„	2. bis 16. August	15	415.3	27.69
XXVII	Vorfütterung	24. Febr. bis 15. März	20	728.7	36.43
XXX	„	24. Febr. bis 14. März	19	1263.3	66.50
XXXII	„	24. Febr. bis 15. März	20	1320.4	66.02
„	Zwischenfütterung	31. März bis 16. April	17	1109.3	65.25
„	„	30. April bis 14. Mai	15	840.5	56.03
„	„	1. bis 11. Juni	11	515.8	46.89
„	„	3. bis 16. Juli	14	500.3	35.72
„	„	5. bis 14. August	10	265.9	26.59
XXXIII	Vorfütterung	24. Febr. bis 15. März	20	888.5	44.42

Ich habe nun versucht, noch weiteres Material zu beschaffen und dabei an unsere durch 8 Jahre mit Schafen und Ziegen ausgeführten Versuche gedacht, doch ist die Ausbeute hier nur eine geringe. Zunächst kann keiner dieser Versuche zur exakten Ermittelung der Fettmenge dienen, da wir niemals den Fettgehalt der Milch unmittelbar nach dem Lammen bestimmt und auch niemals die Versuche bis zum Versiegen der Milch fortgesetzt haben; es fehlt also bei allen diesen Versuchen Anfang und Schluss. Trotzdem können einige dieser Versuche als Anhalt dienen, da man, wie ich später zeigen werde, die fehlenden Fettmengen sehr annähernd abschätzen kann. Zunächst einige Bemerkungen über die Auswahl unter unseren Versuchen.

[1]) Siehe die Note auf S. 307.

Es liegt auf der Hand, dass diejenigen Versuche, bei welchen wir den Einfluss des Fettes studierten — und das ist die grosse Mehrzahl — für den vorliegenden Zweck nicht in Betracht kommen konnten, da alle diese Versuche eine oder meistens mehrere extrem fettarme Perioden enthielten, deren ungünstiger Einfluss auf die Fettproduktion auch durch etwa gleichzeitig vorhandene extrem fettreiche Perioden natürlich nicht ausgeglichen werden konnte, da ja Fettüberfluss ebenfalls ungünstig wirkt. Höchstens könnte man den einen oder anderen Versuch, wenn derselbe nur eine Periode mit nicht normalem Fettgehalt enthielt, benutzen. Ebenso mussten von vornherein diejenigen Versuche ausscheiden, bei denen ein sehr proteinarmes Futter verabfolgt wurde, denn wenn auch nach unseren Erfahrungen das Protein nicht einseitig den Fettertrag beeinflusst, so bewirkt doch ein Mangel an Protein eine Verminderung der Milch- und damit auch der Fettmenge. Aus diesem Grunde konnten die in den letzten Jahren über den Einfluss der Amide ausgeführten Versuche wegen des Eiweissmangels in den Rationen auch nicht verwendet werden. Bei anderen Versuchen, besonders aus den ersten Jahren, fehlten wieder die erforderlichen Daten über Zeit des Lammens, Fettgehalt in den Zwischenperioden usw., so dass von den Versuchen der Jahre 1900—1905 nur allenfalls 5 Versuche herangezogen werden können. Dagegen ist aus dem Jahre 1906 die Mehrzahl der Versuche brauchbar, obgleich das Futter in den einzelnen Perioden hier auch ein sehr wechselndes war; da aber proteinreiche mit proteinarmen Rationen abwechselten, so ist ein teilweiser Ausgleich hier wohl anzunehmen.

Die Berechnung der fehlenden Fettmengen kann man nun in sehr verschiedener Weise ausführen und wir werden uns erst darüber zu orientieren haben, inwieweit diese Berechnungen zulässig sind.

Aufschluss über die Zulässigkeit wird uns einmal der Vergleich der bei verschiedener Art der Berechnung erhaltenen Resultate untereinander geben; ferner aber der Vergleich mit den Resultaten, welche dieselbe Berechnungsart bei den Ziegen liefert, bei welchen die Richtigkeit der Berechnung durch den Versuch kontrolliert werden kann, durch welchen ja die Fettmenge in allen Zeitabschnitten der Laktation festgestellt worden ist. Allerdings könnte man gegen einen Vergleich der Versuche bei Ziegen mit denen bei Schafen einwenden, dass die Ziegen

während des ganzen Versuches stets das gleiche, die Schafe dagegen in den einzelnen Perioden ein verschiedenes Futter erhalten haben. Da aber, wie wir sehen werden, die verschiedenen Berechnungsarten Resultate geliefert haben, die untereinander bei den Ziegen wie bei den Schafen übereinstimmen, und da diese Übereinstimmung auch zwischen den Schafen und Ziegen vorhanden ist, so ist wohl anzunehmen, dass ein Einfluss des Futters sich nicht bemerkbar gemacht hat.

Das Material für die Ausführung der Berechnungen ist für die Ziegen in den Tabellen, S. 303—304, niedergelegt, für die Schafe findet sich dasselbe in den Veröffentlichungen unserer früheren Versuche.[1]) Es erübrigt sich daher eine nochmalige Wiedergabe des Zahlenmaterials und da die Art der Berechnungen sehr einfach ist, können wir auch auf die nähere Darlegung derselben verzichten und uns auf die Wiedergabe der Resultate beschränken. Zur Erläuterung seien aber noch einige Bemerkungen vorausgeschickt.

Als „Vorfütterung" haben wir bei den Versuchen mit Schafen denjenigen Zeitraum bezeichnet, welcher der eigentlichen Versuchsperiode vorausgeht und in welchem die Tiere bereits dasselbe Futter wie in der folgenden Periode erhalten haben. Dieser Vorfütterung geht der Zeitraum voraus, welcher vom Lammen bis zu Beginn der Vorfütterung verflossen ist, in welchem die Tiere erst an das Futter gewöhnt wurden und in welchem auch die Menge der produzierten Milch und des Fettes nicht festgestellt wurde; dieser Zeitraum erstreckte sich bei den Schafen immer auf mehrere, meistens auf etwa 4 Wochen, und so lange wurden auch die Lämmer bei dem Muttertier gelassen, so dass aus diesem Grunde die Milchmenge nicht ermittelt werden konnte. Bei den Ziegen ist nun dieser, der Vorfütterung vorangehende Zeitabschnitt nur sehr kurz, er beträgt, wie oben bemerkt, nur 6 resp. 5 Tage. Um nun bei den Ziegen die Verhältnisse ebenso zu gestalten wie bei den Schafen, haben wir den in den Tabellen als „Vorperiode" bezeichneten Abschnitt noch zu demjenigen

[1]) In diesen Berichten sind jedoch nur Angaben über die in den Perioden produzierten Fettmengen enthalten, während solche für die Vor- und Zwischenfütterungen fehlen. Soweit hier Fettbestimmungen ausgeführt wurden, haben wir die in der ganzen Periode wie die pro Tag erzeugten Fettmengen im Anschluss an die beiden Tabellen über die Versuche mit Ziegen auf S. 305 mitgeteilt.

Versuchsabschnitt, welcher vom Lammen bis zu Beginn der Vorfütterung gerechnet wird, hinzugezählt und daher als „Vorfütterung“ erst den in den Tabellen mit der Zahl 1 bezeichneten Abschnitt gerechnet. Demnach entsprechen bei den Versuchen mit Ziegen die mit den Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 und 17 bezeichneten Abschnitte den Zwischenfütterungen, die mit den geraden Zahlen und ausserdem noch mit römischen Zahlen von I—IX bezeichneten Abschnitte den Perioden. Für die Berechnung der Gesamtmenge des produzierten Fettes während des ganzen Versuches mit Ziegen haben wir der durch den Versuch direkt ermittelten Menge noch die in den ersten 6 resp. 5 Tagen nach dem Lammen produzierte hinzugerechnet, wobei wir die in der folgenden Vorperiode vom 17. April bis 3. Mai festgestellte tägliche Menge in Ansatz gebracht haben.

1. Berechnung der pro Tag und 1000 kg Lebendgewicht produzierten Fettmenge.

Hierzu können acht von den Versuchen des Jahres 1906 dienen, bei welchen aber die vorhandenen Daten verschieden sind. Zunächst fehlt, wie schon bemerkt, bei allen Versuchen der Fettgehalt für Anfang und Schluss, doch wird man, wie wir weiter sehen werden, annehmen können, dass hier ein Ausgleich stattfindet, indem zu Anfang die grösste, am Schluss die kleinste Fettmenge produziert wird.

Bei einem Tier (No. XXV) sind sonst alle Angaben vorhanden, der Fettgehalt wurde in den Perioden, in den Zwischenfütterungen und auch in der Vorfütterung vor Beginn des Versuches, jedoch erst einige Wochen nach dem Lammen, bestimmt.

Bei den Schafen XX und XXXII liegen dieselben Daten vor, jedoch mit Ausnahme der letzten Zwischenfütterung.

Bei den Schafen XIII, XXVII, XXX und XXXIII fehlen die Zwischenfütterungen, der Fettgehalt ist nur in den Perioden und in der Vorfütterung bestimmt, und endlich bei No. XXII fehlt auch die Vorfütterung, hier liegen nur die Fettzahlen aus den Perioden vor.

Um nun zu sehen, ob man auch die letzten 5 Tiere mit den mangelhaften Daten noch verwerten kann, haben wir die Rechnung bei den 3 Tieren, bei denen die Angaben fast vollständig vorliegen, sowie bei den beiden Ziegen, in folgender verschiedener Weise ausgeführt. Wir haben 1. die pro Tag und

1000 kg Lebendgewicht produzierte Fettmenge allein aus der in den Perioden erzeugten berechnet, 2. dieselbe Rechnung unter Hinzuziehung noch der Vorfütterung und 3. unter weiterer Hinzuziehung der Zwischenfütterungen ausgeführt und dabei folgende Resultate erhalten:

	Schafe 1906:			Ziegen 1907/08:	
	XX	XXV	XXXII	XXIX	XXXI
	Fett	Fett	Fett	Fett	Fett
	g	g	g	g	g
1. Nur Perioden[1]	1286	1135	1090	960	1480
2. Perioden und Vorfütterung	1375	1190	1152	995	1509
3. Perioden, Vorfütterung und Zwischenfütterungen. . .	1378	1192	1152	968	1480

Die Berechnung nur aus den Perioden ergibt also bei den Schafen niedrigere Werte, die beiden anderen Verfahren führen aber zu denselben Zahlen, man wird daher auch diejenigen Versuche, bei denen die Zwischenfütterungen fehlen, noch verwerten können, während bei Schaf XXII, wo allein die Zahlen für die Perioden vorhanden sind, ein zu niedriges Resultat zu erwarten ist. Bei den Ziegen sind die Zahlen in allen drei Fällen fast die gleichen, und die Übereinstimmung mit der durch den Versuch festgestellten Menge von 1006 g bei No. XXIX und 1536 g bei No. XXXI ist eine befriedigende; ferner zeigen die Zahlen, dass die berechnete Menge bei beiden Tieren etwas niedriger ist als die gefundene.

Von der Annahme ausgehend, dass die in der Zwischenfütterung produzierte Fettmenge annähernd dem Mittel der sie begrenzenden Perioden entsprechen wird, haben wir bei den Tieren, bei welchen die Fettmengen in den Zwischenfütterungen fehlen, diese Fettmengen dadurch zu ergänzen versucht, dass wir die mittlere tägliche Fettmenge der Grenzperioden mit der Anzahl der Tage der Zwischenfütterung multiplizierten. Wir kommen auf diese Berechnung, die wir in der nachfolgenden Zusammenstellung mit G.-P. (aus Grenzperioden) bezeichnen wollen, später noch einmal zurück. Zunächst teilen wir hier die nach

---

[1]) Hier ist es einerlei, ob man aus der in sämtlichen Perioden produzierten Fettmenge durch Division durch die Zahl der Tage aller Perioden das Mittel nimmt, oder ob man einfach aus den in den Perioden pro Tag produzierten Fettmengen durch Division durch die Anzahl der Perioden das Mittel berechnet. Denn es wurden erhalten: No. XX 1286 resp. 1285, No. XXV 1135 resp. 1121, No. XXXII 1090 resp. 1081 g.

den verschiedenen Berechnungsarten gewonnenen Zahlen für sämtliche 8 Tiere des Jahres 1906, sowie für die beiden Ziegen mit:

Tier	No.	Nur Perioden	Perioden u. Vorfütterung	G.-P.
Schaf	XIII	1201	1237	—
„	XX	1286	1375	1339
„	XXII	1116	—	1052
„	XXV	1135	1190	1010
„	XXVII	1203	1219	1100
„	XXX	1108	1174	1166
„	XXXII	1090	1152	1212
„	XXXIII	1137	1159	1002
Ziege	XXIX	960	995	974
„	XXXI	1480	1509	1491
Mittel exkl. Ziegen:		1160	1215	1126
Mittel inkl. Ziegen:		1172	1223	1149

Wir gehen auf diese Zahlen zunächst nicht weiter ein, ergänzen dieselben aber noch durch Mitteilung der aus den früheren Jahren entnommenen fünf Versuche, bei denen die Berechnung jedoch nur aus den Perioden erfolgt ist:

			Fett g
1901	Schaf	VII	871
1904	„	XIII	793
1904	„	XX	1067
1904	„	XXIII	829
1902	Ziege	XIV	1302
		Mittel:	972

Diese Versuche sind nicht einwandfrei, da bei denselben auch fettarme Perioden zur Verwendung kamen. Da aber immer nur je eine extrem fettarme Periode vorhanden war, wie dies übrigens auch bei den oben mitgeteilten Versuchen aus 1906 mit den Schafen XXII und XXXII der Fall war, oder aber mehrere Perioden mit niedrigem, aber nicht extrem niedrigem Fettgehalt darunter waren, so können die Versuche allenfalls noch verwendet werden. Es sei hier noch bemerkt, dass wir sehr viele der älteren Versuche durchgerechnet haben, auch wenn dieselben mehrere extrem fettarme Perioden enthielten; die Fettmenge war hier sehr verschieden, betrug mitunter nur 400—500, nicht selten aber auch über 800, bei Ziegen sogar über 1000 g. Da aber ohne Zweifel bei diesen Versuchen weniger Fett produziert wurde als bei im Fettgehalt normalem Futter, wollen wir dieselben nicht weiter verwenden.

2. Berechnung der während des ganzen Versuches resp. während der ganzen Laktationszeit produzierten Fettmenge.

Die Berechnung der während des ganzen Versuches produzierten Fettmenge kann mit den Tieren XX, XXV und XXXII ausgeführt werden; bei XXV liegen alle Daten vor, bei den beiden andern fehlt je eine Zwischenfütterung, deren Fettmenge aber sehr annähernd berechnet werden kann. Die Rechnung ergibt dann folgendes:

	No. XX Fett g	No. XXV Fett g	No. XXXII Fett g
In den Perioden	4734.1	2785.3	3969.5
In Vor- und Zwischenfütterungen	7256.2	4521.6	5687.8
Summa:	11990.3	7306.9	9657.3
	kg	kg	kg
Lebendgewicht	40.9	33.6	40.0
Pro 1000 kg Lebendgewicht produziert	293.2	217.5	241.4

Im Mittel der drei Tiere beträgt die Fettmenge 250.7 kg, ist also schon eine grössere, als sie sich im Mittel bei den Kühen, dort jedoch für die ganze Laktationszeit mit 223.75 kg ergab. Da aber bei den Schafen Anfang und Schluss fehlen, so folgt daraus, dass diese Tiere während der ganzen Laktationszeit eine nicht unerheblich grössere Fettmenge erzeugen als die Kühe.

Annähernd lässt sich diese fehlende Menge bei den drei Tieren schätzen, wobei wir eher zu niedrige als zu hohe Werte einsetzen wollen. Für die Zeit vom Lammen bis zur Vorfütterung wollen wir die in der Vorfütterung pro Tag erzeugte Fettmenge in Ansatz bringen,[1]) die Laktationszeit soll zu 260 Tagen

[1]) Dass diese Annahme sehr annähernd zutreffend ist, dafür können wir als Beleg einige Zahlen anführen, die wir bei den jetzt (1908) in der Ausführung begriffenen Versuchen gewonnen haben. Bei drei Schafen konnten wir 5—11 Tage nach dem Lammen die Milch- und Fettmenge feststellen, und wollen nachstehend die dabei erhaltenen Zahlen mit denen der folgenden Vorfütterung vergleichen:

	Produzierte Menge Fett: Gramm pro Tag und Stück		
	Schaf XXX	XXXIII	XXXV
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung	76.1	41.5	70.5
In der darauffolgenden Vorfütterung	63.1	33.6	62.9
	Kilogramm pro Tag u. 1000 kg Lebendgewicht		
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung	1.62	0.90	1.76
In der darauffolgenden Vorfütterung	1.54	0.82	1.61

(Fortsetzung siehe nächste Seite.)

gerechnet werden, was im Hinblick darauf, dass vom Lammen bis zum Schluss der Versuche 236, 197 und 258 Tage verflossen waren, beim Abschluss der Versuche die Milchmenge aber noch 343 resp. 227 und 274 g betrug, wiederum zu niedrig gegriffen sein dürfte. Endlich wollen wir für die letzte Zeit 50 % der in der letzten Periode produzierten Fettmenge in Ansatz bringen; diese Zahl ist allerdings ganz willkürlich, ist aber bei der kurzen hier in Betracht kommenden Zeit für das Gesamtresultat auch nur von geringem Einfluss.

Unter Zugrundelegung dieser Werte erhält man dann folgende Zahlen:

No. XX.	Fett g
Aus dem Versuch	11990.3
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung 23 Tage à 82.20 .	1890.5
Schluss, 24 Tage à 21.34	512.1
Summa:	14392.9
Pro 1000 kg Lebendgewicht Kilogramm Fett.	351.9
No. XXV.	
Aus dem Versuch	7306.9
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung 16 Tage à 53.73 .	859.8
Schluss, 63 Tage à 12.18	767.3
Summa:	8934.0
Pro 1000 kg Lebendgewicht Kilogramm Fett.	265.9
No. XXXII.	
Aus dem Versuch	9657.3
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung 44 Tage à 66.02 .	2905.0
Schluss, 2 Tage à 14.27	28.5
Summa:	12590.8
Pro 1000 kg Lebendgewicht Kilogramm Fett.	314.8
Pro 1000 kg L.-Gew. Kilogramm Fett im Mittel der drei Tiere:	310.9

Bei Schaf XXX wurde die Bestimmung vom zehnten Tage nach dem Lammen während 31 Tagen, bei XXXIII vom fünften Tage nach dem Lammen während 41 Tagen und bei XXXV vom elften Tage nach dem Lammen während 22 Tagen ausgeführt. Die Vorfütterungen hatten bei den drei Tieren eine Dauer von 14 resp. 18 und 14 Tagen.

Bei allen drei Tieren ist also in der Vorfütterung weniger Fett produziert worden als in der dieser voraufgehenden Zeit. Dazu kommt noch, dass die ersten 5—11 Tage nach dem Lammen, in denen die Fettmenge wohl eine noch grössere war, fehlen. Unsere oben gemachte Annahme ist also jedenfalls eher zu niedrig als zu hoch gegriffen.

Um festzustellen, inwieweit die bei dieser Berechnung gewonnenen Zahlen mit den wirklich produzierten Mengen übereinstimmen, können wir wieder den Versuch mit den beiden Ziegen benutzen, bei denen wir die Laktationszeit zu 315 Tagen, entsprechend der mittleren Dauer bei den Versuchen von Ujhelyi, annehmen wollen. Wir erhalten dann folgende Zahlen:

No. XXIX.	Fett g
Aus dem Versuch	12802.8
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung (Periode 1 vom 4. bis 14. Mai) 22 Tage à 65.04	1430.0
Schluss, 11 Tage à 20.17	221.7
Summa:	14454.5
Pro 1000 kg Lebendgewicht Kilogramm Fett	351.7
No. XXXI.	
Aus dem Versuch	14374.5
Vom Lammen bis Beginn der Vorfütterung (Periode 1 vom 4. bis 14. Mai) 23 Tage à 66.84	1537.3
Schluss, 10 Tage à 28.08	280.8
Summa:	16192.6
Pro 1000 kg Lebendgewicht Kilogramm Fett	480.5

Durch den Versuch wurden für die 315 Tage pro 1000 kg Lebendgewicht ermittelt:

No. XXIX = 356.4 kg No. XXXI = 496.5 kg

Die Übereinstimmung ist also eine ganz gute und bestätigt unsere Vermutung, dass bei der Berechnung eher zu niedrige als zu hohe Werte erhalten werden.

Die für Ziege XXIX berechnete Zahl können wir auch zur Berechnung des Mittels heranziehen, während Ziege XXXI hierzu nicht verwendet werden kann, da bei diesem Tier, weil es nicht trächtig war, natürlich zu hohe Werte erhalten werden müssen.

Als Mittel aus der Berechnung erhalten wir dann für die drei Schafe und Ziege XXIX pro 1000 kg Lebendgewicht 321.1 kg Fett.

Sowohl diese Mittelzahlen, wie auch die Einzelwerte bei den Tieren No. XX, XXXII und XXIX liegen also dem bei den Kühen beobachteten Maximum viel näher als dem Mittel, nur bei Schaf XXV liegt die Zahl dem Mittel der Kühe näher.

Berücksichtigt man, dass unsere durch Rechnung gewonnenen Zahlen durchweg zu niedrig sein werden, so dürfte der Schluss, dass die Schafe und Ziegen erheblich mehr Milchfett als die Kühe produzieren, zulässig sein, besonders, da für denselben auch die unter 1. gewonnenen Zahlen sprechen.

Berechnet man ferner bei diesen fünf Tieren die in den Zwischenfütterungen produzierte Fettmenge in der Weise, dass man die Anzahl der Tage einer jeden Zwischenfütterung mit derjenigen täglichen Fettmenge multipliziert, welche sich als Mittel aus den die Zwischenfütterung begrenzenden Perioden ergibt, so kommt man auch zu fast denselben Zahlen, wie sie sich aus den direkten Bestimmungen ergeben. Es wurden für die Zwischenfütterungen gefunden:

Tier	Bestimmt Fett g	Berechnet Fett g
XX	4872.7	4711.4
XXV	3500.7	3386.5
XXXII	3911.4	3913.3
XXIX	6302.7	6398.4
XXXI	7886.5	8013.0

Die Rechnung ergibt also für zwei Schafe etwas kleinere, für die Ziegen etwas grössere, aber in beiden Fällen noch verwendbare Zahlen, so dass man auch auf diese Weise einen Anhalt für die produzierte Fettmenge bei denjenigen Tieren erhalten kann, bei welchen keine Fettbestimmungen in den Zwischenfütterungen ausgeführt wurden.

Es sind dies aus dem Jahre 1904 die Tiere XIII und XX und aus 1906 das Tier XXII, bei welchen die Fettbestimmungen sowohl in der Vor- wie in den Zwischenfütterungen fehlen, ferner aus 1906 No. XXVII, XXX und XXXIII, für welche nur Fettbestimmungen in der Vorfütterung, nicht aber in den Zwischenfütterungen vorhanden sind. Dagegen ist die Rechnung bei Schaf XIII aus dem Jahre 1906, wo der Versuch schon nach 167 Tagen mit noch 632 g Milch beendet wurde, wegen der kurzen Dauer des Versuches und der langen Schlussperiode zu unsicher. Für obige 6 Tiere ergibt die Rechnung folgende Zahlen, denen wir zum Vergleich auch die für die Schafe XX, XXV und XXXII und für die Ziegen XXIX und XXXI in gleicher Weise berechneten noch beifügen:

Fettmenge pro 1000 kg Lebendgewicht:

Jahr	Tier		Während der ganzen Laktationszeit von 260 Tagen bei Schafen, 379—380 bei Ziegen: kg	Pro Tag g
1904	Schaf	XIII	178.7	687
1904	„	XX	231.8	891
1906	„	XXII	273.5	1052
1906	„	XXVII	286.1	1100
1906	„	XXX	303.2	1166
1906	„	XXXIII	260.6	1002
1906	„	XX	348.0	1339
1906	„	XXV	262.5	1010
1906	„	XXXII	315.2	1212
1907	Ziege	XXIX	383.7	1012[1])
1907	„	XXXI	587.5	1546[1])
Mittel exklusive Ziege XXXI:			284.3	1047

Ein Vergleich der Zahlen der fünf letzten Tiere mit den für dieselben aus den vorhandenen Fettzahlen ermittelten, oben mitgeteilten Werten (351.9, 265.9, 314.8, 381.4,[2]) 583.7[2])) zeigt, dass die Übereinstimmung eine befriedigende ist, woraus geschlossen werden kann, dass diese Art der Berechnung auch bei den Tieren, bei welchen Fettzahlen nicht vorliegen, verwendet werden kann.

Jedenfalls werden diese Zahlen sehr annähernd der Wahrheit entsprechen, sie werden aus den angeführten Gründen eher zu niedrig als zu hoch sein.

Vergleichen wir nun diese Zahlen mit den bei den Kühen ermittelten, so ergibt sich folgende Übersicht:

Es wurden pro 1000 kg Lebendgewicht produziert Kilogramm Fett:

	Während der ganzen Laktationszeit		Pro Tag	
	Kühe	Schafe und Ziegen	Kühe	Schafe und Ziegen
Mittel	223.8	284.3	0.702	1.047
Maximum	323.8	383.7	1.019	1.339
Minimum	129.7	178.7	0.471	0.687

[1]) Bei diesen beiden Tieren ergibt sich hier eine andere Zahl, als sie in der Zusammenstellung auf S. 310 aufgeführt ist, weil hier die gesamte Laktationszeit, einschliesslich der Zeit vom Lammen bis zu Beginn des ersten Versuchsabschnittes (also vom 12. resp. 11. April bis 3. Mai) herangezogen ist, während in der Zusammenstellung auf S. 310 dieser Zeitraum fortgelassen ist, um Übereinstimmung mit den Versuchen mit Schafen, bei denen dieser Abschnitt fehlt, zu erhalten.

[2]) In den Tabellen S. 303 und 304.

Hiernach ist also schon die Fettproduktion während der ganzen Laktationszeit im Mittel wie in maximo und minimo bei den Schafen und Ziegen nicht unbedeutend höher als bei den Kühen, obgleich bei diesen die Laktationszeit eine sehr viel längere ist, denn sie betrug im Mittel 319 Tage, während wir bei den Schafen nur 260 Tage und nur bei der einen Ziege 379 Tage angenommen haben. Es sind daher diese Zahlen auch nicht recht vergleichbar, und den wirklichen Ausdruck für die Fettproduktion können nur die täglich erzeugten Fettmengen geben. Von diesen liegt aber bei den Schafen und Ziegen schon die Mittelzahl höher als die Maximalzahl bei den Kühen und sogar das Minimum kommt dem Mittel der Kühe sehr nahe. Würden wir in der Zusammenstellung der Einzelzahlen das Schaf XIII aus 1904[1]) fortlassen, so würden sowohl bei der täglichen Fettproduktion, wie auch bei der sich auf die ganze Laktationszeit erstreckenden, bei sämtlichen 9 Tieren die Minimalzahlen schon nicht unbedeutend höher als das Mittel bei den Kühen liegen.

Zieht man noch die von anderen Forschern mit Ziegen gemachten, oben erwähnten Beobachtungen in Betracht, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die Menge Milchfett, welche Schafe und Ziegen produzieren, erheblich grösser ist als die von Kühen erzeugte. Danach aber ist es verständlich, dass Schafe und Ziegen auch grössere Ansprüche an das Nahrungsfett stellen und dieses besser verwerten können als die Kühe. Das steht im Einklang mit unseren langjährigen Beobachtungen, wonach bei den Schafen und Ziegen das Optimum der Wirkung des Nahrungsfettes bei 1.0 und nur in Ausnahmefällen bei 0.5 kg pro 1000 kg Lebendgewicht gefunden wurde. Nach dem hier Ausgeführten ist es aber auch erklärlich, dass die optimale Fettwirkung bei Kühen niedriger liegen muss, wie dies die vom Verband der Versuchs-Stationen mit Unterstützung des Deutschen Landwirtschaftsrats ausgeführten Versuche bestätigt haben.

---

[1]) Einen der nicht ganz einwandfreien Versuche.

Preisausschreiben,

betreffend

Verhütung von Rauchschäden

in der

Land- und Forstwirtschaft.

Rauchschäden, d. h. die schädliche Beeinflussung des Pflanzenwuchses durch schweflige Säure und andere saure Gase, treten häufig da ein, wo grössere Mengen von Kohlen verbrannt werden oder sonstige Prozesse in Ausführung sind, bei denen saure Gase entstehen. Der Grund, weshalb bei Verbrennung von Kohlen schweflige Säure frei wird, liegt in dem stets vorhandenen Schwefelgehalt der Kohle, der im Durchschnitt zu 1 % angenommen werden kann, sehr häufig jedoch weit höher ist.

In der Literatur ist eine ganze Anzahl von Vorschlägen gemacht worden, wie die schweflige Säure aus den Flammengasen oder sonstigen Industrie-Abgasen entfernt und unschädlich gemacht werden kann; jedoch dürften (abgesehen von einzelnen, insbesondere auf Anregung des Geheimen Rats Professor Clemens Winkler getroffenen Einrichtungen bei Anlagen mit hochhaltigen saueren Abgasen) gewöhnliche Flammengase nirgends mit dauerndem Erfolg in grösserem Maſsstabe gereinigt worden sein.

Die grossen Fortschritte, die bei der Reinigung der Hochofengase gemacht worden sind, berechtigen zu der Hoffnung, dass es auch möglich sein wird, die Zusammensetzung der entweichenden Feuerungs- und sonstigen Industrie-Gase derart

zu gestalten, dass sie ihren schädlichen Einfluss auf die Pflanzenwelt verlieren, sei es nun, dass die Bildung schädlicher Gase überhaupt verhindert wird, oder dass entstandene schädliche Gase wieder beseitigt werden.

Es werden folgende 2 Preise ausgesetzt:

1. 2000 M. für denjenigen, der die beste Bearbeitung der in der gesamten Literatur der Kulturvölker enthaltenen Vorschläge zur Verhütung von Rauchschäden in einer Weise liefert, dass sie anregend auf die Besitzer von grossen Feuerungsanlagen und anderen, saure Gase entsendenden Anlagen wirkt.

2. 10000 M. für die Erfindungen, die es auch bei der gewöhnlichen Bedienung der Feuerungen oder anderen Anlagen durch einen schlichten Arbeiter ermöglichen, die Schädlichkeit der Feuerungsabgase wie sonstiger sauerer Industrie-Abgase oder wenigstens eines dieser Abgase mit Sicherheit auszuschliessen. Der Nachweis hierfür ist durch Analysen der Schornsteingase (nach zuverlässigen Methoden für Bestimmung des Gesamtsäuregehaltes und der schwefligen Säure) zu erbringen.

Es bleibt vorbehalten, die ausgesetzten Preise verschiedenen Bewerbern oder teilweise zuzuerkennen. Der unter 2. erwähnte Preis kann erst nach zweijähriger Erprobung in der Praxis unter Nachprüfung der analytischen Belege zugesprochen werden.

Die kaufmännische oder gewerbliche Verwertung der Erfindung bleibt dem Erfinder unbeschränkt überlassen.

Über die Erteilung der Preise entscheidet das Königlich Sächsische Finanzministerium nach Anhörung einer Kommission, die aus einem Vertreter der Königlich Sächsischen Staatsregierung als Vorsitzenden, einem Mitgliede der technischen Deputation, einem Mitgliede der forstlichen Versuchsanstalt, einem Professor der Bergakademie Freiberg, einem höheren maschinentechnischen Beamten aus dem Ressort des Finanzministeriums und zwei von der Regierung nach freiem Ermessen zu bestimmenden Industriellen besteht.

Jede Bewerbungsschrift ist in deutscher Sprache abzufassen und in wenigstens 7 Exemplaren bis zum 31. Dezember 1909 beim Königlich Sächsischen Finanzministerium einzureichen. Sie kann ohne Namensnennung, nur mit einem Kennwort versehen, übergeben werden, in diesem Falle ist jedoch eine verschlossene Hülle, die Namen und Adresse des Bewerbers enthält und aussen das gleiche Kennwort trägt, beizufügen. Diese Hülle wird nach erfolgtem Spruch der Preisrichter nur dann geöffnet, wenn die Arbeit einen Preis erzielt hat.

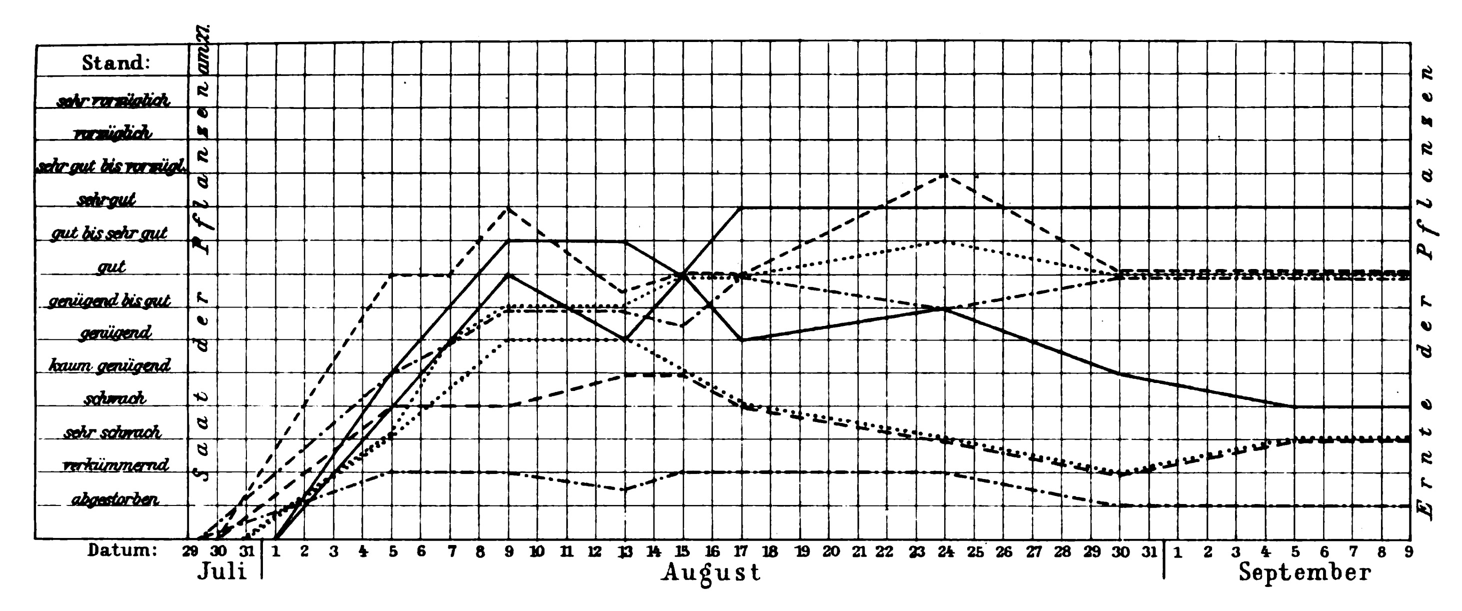
Gedruckte Abhandlungen sind zulässig.

Dresden, am 7. August 1908.

Königl. Sächsisches Finanzministerium.

Personalien.

Der Vorstand der landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Rostock Geh. Ökonomierat Prof. Dr. R. Heinrich tritt demnächst in den Ruhestand. Zu seinem Nachfolger ist Dr. Fr. Honcamp, bisher Vorstand der Versuchs- und Kontrollstation zu Oldenburg, ernannt worden.



Verlag von Paul Parey in Berlin SW

Geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller, Berlin S.



Über das Eiweiss-Minimum für ausgewachsene Hammel.

Von

Dr. T. KATAYAMA.

(Aus dem agrikultur-chemischen Institut der Universität Breslau.)

Zahlreiche Untersuchungen[1]) über den Eiweissbedarf, die meistens beim Menschen und bei Fleischfressern ausgeführt worden sind, zeigen uns, dass der tierische Organismus bei der Ernährung mit äusserst wenig Eiweiss das Gleichgewicht zwischen Zufuhr und Zerfall herstellen kann, und dass dabei noch der Eiweissumsatz um so stärker eingeschränkt wird, je mehr stickstofffreie Substanzen zugeführt werden.[2]) Beim Wiederkäuer, der verhältnismässig sehr grosse Mengen von Kohlehydraten verzehrt, ist der Eiweissbedarf besonders gering. Wie durch eine Reihe von Versuchen von HENNEBERG und STOHMANN[3]) bereits mit Ochsen nachgewiesen worden ist, gelingt es, dieses Tier während der Stallruhe nicht nur mit eiweissarmen Futtermitteln, wie Heu- und Stroharten andauernd im N-Gleichgewichtszustand zu erhalten, sondern dabei auch noch einen Fleischansatz zu erreichen. In Möckern haben G. KÜHN[4]) und später O. KELLNER[5]) erfolgreiche Versuche über Erhaltungsfutter für

---

[1]) J. MUNK, Archiv für path. Anatomie und Physiologie Bd. 131, Suppl., Bd. 132, S. 91; E. SALKOWSKI, Zeitschr. für physiolog. Chemie Bd. 1, 1877; KUMAGAWA, Archiv für path. Anatomie und Physiologie Bd. 114, S. 370; O. SIREN, MALYS Jahresbericht über die Fortschr. der Tierchemie 1900, S. 706 und ebenda 1901, S. 771.

[2]) C. VOIT, Zeitschr. für Biologie Bd. 5, 1869, S. 352 und 431.

[3]) Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer Heft 1, 1860, Heft 2, 1864; Neue Beiträge usw., 1870.

[4]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 44, 1894, S. 257.

[5]) Ebenda Bd. 47, 1896, S. 275.

Schnittochsen ausgeführt, an die Wiesenheu mit oder ohne Zusatz von Haferstroh und Kleeheu verabreicht wurde. Dabei haben sie Verbrauch und Ansatz von Fleisch sowie auch noch von Körperfett festgestellt, indem sie den PETTENKOFERschen Respirationsapparat anwandten. Aus diesen Beobachtungen erkennt man, dass das Eiweissminimum, das ruhende Ochsen bedürfen, um ihren Feischzustand zu behalten, bei 1000 kg Lebendgewicht zwischen 0.55—0.65 kg verdaulichen Eiweisses liegt. Diese Grenzwerte schwanken, je nachdem das Tier mager oder hochgemästet ist.

Auch P. ARMSBY[1]) hat auf diesem Gebiete ausgedehnte Untersuchungen ausgeführt, wobei er die Ochsen mit sehr verschiedenen Mischungen von Rauhfutter fütterte. Die Resultate stimmten mit den oben erwähnten Beobachtungen wohl überein. Er erachtet nämlich die Zufuhr von täglich 0.6 kg bei 1000 kg Lebendgewicht als Minimum an verdaulichem Eiweiss, damit die N-Bilanz nicht zu einem N-Verlust führt, obwohl, wie G. KÜHN auch beobachtet hatte, selbst eine unter 0.5 kg liegende Eiweisszufuhr das N-Gleichgewicht aufrecht erhalten konnte.

Beim Schafe ist die Sachlage aber nicht so einfach wie beim Ochsen. Ausser den Nährstoffen, die jedes Tier zur Lebenderhaltung bedarf, hat das Schaf noch die weitere Forderung nach Material für die Erzeugung von Wolle, die aus Eiweiss entsteht. Bei den sehr genauen Untersuchungen über Erhaltungsfutter wurde einerseits von W. HENNEBERG[2]) beobachtet, dass das Schaf bei einer Zufuhr von 1.04 kg verdaulichem Eiweiss auf 1000 kg nacktes Lebendgewicht täglich 144 g Fleisch und 209 g Wolle ansetzte. Andrerseits beobachtete O. KELLNER,[3]) dass bei 0.81 kg verdaulichem Eiweiss 71 g Fleischansatz (inklusive Wolle) stattfand. Die vielen anderen Beobachtungen, z. B. von E. SCHULZE und MAERCKER,[4]) sowie auch viele praktische Fütterungsversuche von W. HENNEBERG[5]) und E. WOLFF[6]) stimmen darin überein, dass an Schafe auf 1000 kg nacktes

---

[1]) The Maintenance Ration of Cattle, Bull. 42 of the Pennsylvania State College Exp. Station 1898.

[2]) Neue Beiträge usw. 1870, S. 68.

[3]) O. KELLNER, Die Ernährung d. landw. Nutztiere. 3. Auflage, S. 407.

[4]) Journal für Landwirtschaft 18. Jahrgang 1870 und 19. Jahrgang 1871.

[5]) Ebenda 7. Jahrgang 1859, 8. Jahrgang 1860, 12. Jahrgang 1864.

[6]) Die landw. Versuchsstation Hohenheim, 1870.

Lebendgewicht als Minimalgabe 1.0 kg verdauliches Eiweiss zu verabreichen ist, um ausser normaler Wolleerzeugung einen schwachen Fleischansatz zu erreichen. Bei den angeführten Versuchen hat man den Begriff des „Eiweisses" mit dem des „Rohproteins" identifiziert. Es schien wünschenswert zu sein, noch genauere Kenntnis darüber zu erhalten, wie tief das wirkliche Eiweissminimum liegt und wie weit dieses von dem vorgeschriebenen Minimalwert entfernt ist, weil diese Frage eine grosse Rolle bei der Untersuchung von Fleischansatz und Fleischumsatz spielt. Ein vollständiger Ausschluss der nicht eiweissartigen Stickstoffverbindungen im Futter war allerdings unmöglich, sofern die Rationen durch Fortlassen jeder Art von Rauhfutterstoffen nicht ganz anormal gestaltet werden sollten. Die Heu- und Strohgaben sind aber möglichst niedrig bemessen, enthalten pro Tag nach den Untersuchungsergebnissen (S. 325) nur 1.03 g Nichteiweiss, und diese Menge, als vollständig verdaulich angenommen, würde auf 1000 kg Lebendgewicht umgerechnet noch nicht einmal 0.03 kg ergeben. Wenn daher in den folgenden Darlegungen vom „Eiweissminimum" usw. die Rede ist, so beziehen sich diese Ausdrücke auf Eiweiss mit Einschluss der angegebenen geringen Mengen Nichteiweiss. In den Tabellen ist die gewöhnliche Spaltenüberschrift „Rohprotein" beibehalten worden.

Über diese Fragen habe ich auf Veranlassung des Herrn Professor Th. Pfeiffer vorliegende Versuche ausgeführt und gestatte mir, ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank für die Anregung und Unterstützung bei dieser Arbeit auszusprechen.

Der Versuchsplan war folgender:

Zunächst wurde an die Tiere ein sehr eiweissarmes Futter bei sonst reichlicher Ernährung mit stickstofffreien Substanzen verabreicht, so dass das Futter an sich genügen musste. Hierbei war allerdings infolge des sehr weiten Nährverhältnisses eine starke Verdauungsdepression unvermeidlich. Danach wurde die Gabe des Eiweisses in drei weiteren Perioden allmählich gesteigert, während gleichzeitig ein entsprechender Teil der Kohlehydrate, deren Stärkewert dem des zugelegten Eiweisses entspricht, in Fortfall kam, wodurch die im Körper eingeführte Energiemenge möglichst immer dieselbe bleiben sollte.

Das Eiweissminimum habe ich aus der Differenz zwischen Einnahme und Ausscheidung des Stickstoffs im Körper ermittelt, ohne dass ich besondere Untersuchungen über den Wollezuwachs anstellte. Dass die Wolle in kurzen Perioden infolge der kleinen Änderung der Futterration unregelmässig bald rascher und bald langsamer wächst, ist unwahrscheinlich. Im Gegenteil erkennt man aus vielen Beobachtungen,[1]) dass das Wollewachstum durch ein kräftiges Futter nicht mehr gefördert wird als durch ein Erhaltungsfutter, und nur dann verhindert wird, wenn infolge sehr schlechter Fütterung das Lebendgewicht der Tiere dauernd stark abnimmt.

Das Stickstoffgleichgewicht bedeutet für das Schaf infolge des Wollezuwachses noch immer einen Fleischverlust, was im Auge behalten werden muss, aber für vorliegenden Zweck ohne wesentliche Bedeutung ist.

Als Versuchstiere dienten 2 vierjährige Hammel englischer Kreuzung von ca. 37 kg Gewicht, bezeichnet I und II, die in der üblichen Weise in Zwangsställen gehalten wurden.

Nach 6 tägiger vorbereitender Fütterung wurde der eigentliche Versuch begonnen, der 8 Tage dauerte.

In dem zwischen den einzelnen Perioden eingeschobenen Zwischenraum von 6 bezw. 14 Tagen erhielten die Tiere, wie vor Beginn der Versuche, Heu ad libitum, um den ursprünglichen Körperzustand tunlichst wieder herzustellen. Die Tiere verzehrten die Futterrationen, trotz der etwas anormalen Beschaffenheit stets vollständig mit guter Fresslust. Während der ganzen 4 Perioden liessen sie niemals einen Futterrückstand übrig. Der Harn wurde mittels Gummitrichter gesammelt, der morgens mit carbolsaurem Wasser ausgespült und auf 1.5 l aufgefüllt wurde, hiervon dienten je 25 ccm zur Ausführung von 4 Parallelbestimmungen des Stickstoffs. Der Kot wurde frisch gewogen, der 10. Teil mit 10 ccm 1 %iger Schwefelsäure versetzt, und für die Analyse vorgetrocknet. Die Analyse erfolgte nach den üblichen Methoden. Rohfaser nach dem Weender Verfahren unter Anwendung von Porzellan-Nutsche, Reineiweiss nach BARNSTEIN.

[1]) E. WOLFF, Landw. Versuchsstation Hohenheim 1870, S. 57; W. HENNEBERG, Journal für Landwirtschaft 12. Jahrgang 1864, S. 41 und 48.

I. Periode.

Das Futter, das die Tiere in dieser Periode erhielten, und das fernerhin als „Grundfutter" bezeichnet werden soll, bestand pro Tag und Kopf aus 100 g Heu, 200 g Haferstroh, 250 g Stärkemehl, 50 g Rohrzucker und 10 g Kochsalz. Die Futtermittel hatten auf Trockensubstanz berechnet folgende Zusammensetzung:

	Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Ätherextrakt	Rohfaser	Asche	Eiweiss
Heu	92.99	9.26	53.02	0.33	30.38	7.01	8.73
Haferstroh	91.79	5.01	40.49	0.24	46.05	8.21	4.76
Stärkemehl	99.73	0.10	99.63	—	—	0.27	—
Rohrzucker	98.52	0.45	98.07	—	—	1.48	—

Die Zahlen für die täglich gewogene Kotmenge und für den Tränkwasserkonsum sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Datum:	Hammel I:			Hammel II:		
	Tränkwasserkonsum	Kot frisch	Kot lufttrocken	Tränkwasserkonsum	Kot frisch	Kot lufttrocken
10. März	1 630	871.0	233.9	700	722.5	250.9
11. „	1 490	650.5	197.0	1550	622.0	212.5
12. „	2 050	1089.0	352.6	1330	570.0	190.6
13. „	1 800	854.0	234.3	1020	583.8	199.0
14. „	2 220	755.5	208.3	560	606.0	205.7
15. „	1 260	788.5	232.5	1010	760.0	247.5
16. „	1 440	799.0	222.6	1110	755.0	220.4
17. „	1 570	852.5	212.0	1290	747.0	221.0
Total:	13 460	6760.0	1893.2	8570	5366.3	1747.6
Pro Tag:	1 683	845.0	236.7	1071	670.8	218.5

Die Ausscheidungen an Harnmenge und Harnstickstoff waren folgende:

Datum:	Hammel I: Harnmenge g	Hammel I: Harn Gesamt-N g	Hammel II: Harnmenge g	Hammel II: Harn Gesamt-N g
10. März	807	1.610	574	1.525
11. „	1 013	1.585	678	1.386
12. „	1 072	1.451	641	1.353
13. „	1 183	1.437	734	1.454
14. „	1 120	1.270	580	1.293
15. „	1 021	1.321	630	1.281
16. „	977	1.335	627	1.172
17. „	1 213	1.294	592	1.175
Total:	84 060	11.313	5056	10.638
Pro Tag:	1 051	1.414	632	1.330

Bei der chemischen Analyse des Kotes wurden folgende, auf Lufttrockensubstanz berechnete Zahlen erhalten:

	Trockensubstanz	Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Ätherextrakt	Rohfaser
Hammel I	93.72	85.87	9.75	44.99	1.50	29.63
„ II	93.86	85.23	10.38	42.17	1.78	30.90

Berechnet man nun aus dem Futterverzehr die Verdauungskoeffizienten für die einzelnen Futterbestandteile, so ergeben sich folgende Werte:

(Die in Klammern den einzelnen Futtermitteln beigefügten Zahlen beziehen sich auf die Trockensubstanz.)

(Siehe die Tabelle auf S. 327.)

Vorstehende Berechnungen zeigen, dass die Verdaulichkeit bei beiden Tieren befriedigend gut übereinstimmt, trotzdem sich bezüglich des Rohfettes und besonders des Rohproteins eine grosse Minusverdauung geltend machte. Es ist schon bekannt, dass die Verdauungsdepression bei der Verabreichung von solchem

Futter mit einem sehr weiten Nährstoffverhältnis stattfindet. Tatsächlich ging Stärkemehl teilweise unverdaut in den Kot über, was ich unter dem Mikroskop beobachtete. Die grössere Menge Stickstoff im Kot muss zweifellos einer relativ sehr starken Beimischung von Stoffwechselprodukten zugeschrieben werden, was ich weiter unten näher erörtern will.

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Ätherextrakt	Rohfaser
Hammel I (Gewicht 36.4 kg).						
100 g Heu (86.84 %) . .	86.84	80.75	8.04	46.04	0.29	26.38
200 „ Stroh (83.92 %) . .	167.84	154.06	8.41	67.96	0.40	77.29
50 „ Zucker (96.39 %) .	48.20	47.48	0.22	47.27	—	—
250 „ Stärke (83.26 %) . .	208.15	207.59	0.21	207.38	—	—
Gesamtverzehr:	531.03	489.88	16.88	368.65	0.69	103.67
Im Kot	221.84	203.25	23.08	106.49	3.55	70.13
Verdaut im ganzen:	309.19	286.63	— 6.20	262.16	— 2.86[1]	33.54
Verdaut in Prozenten:	58.2	58.5	—	71.1	—	32.4
Hammel II (Gewicht 40.2 kg).						
Futter	531.03	489.88	16.88	368.65	0.69	103.67
Im Kot	205.08	186.23	22.68	92.14	3.89	67.52
Verdaut im ganzen:	325.95	303.65	— 5.80	276.51	— 3.20[1]	36.15
Verdaut in Prozenten:	61.4	62.0	—	75.0	—	34.9
Im Durchschnitt:	59.8	60.3	—	73.1	—	33.7

Die Stickstoffbilanz ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

[1]) Eine Mehrausscheidung von ätherlöslicher Substanz im Kote der aufgenommenen Menge gegenüber, woraus sich eine Minus-Verdauung ergibt, fand in sämtlichen Perioden statt und muss auf Produkte der Darmgärung zurückgeführt werden. Ähnliche Beobachtungen sind schon mehrfach gemacht worden. Vergl. z. B. Meissl, Zeitschr. für Biologie 1885, S. 94; Pfeiffer und Lehmann, Journal für Landwirtschaft 1886, S. 98.

100 g	Heu	1.287 g N
200 „	Stroh	1.346 „ „
50 „	Zucker	0.035 „ „
250 „	Stärkemehl . . .	0.033 „ „
		2.701 g N

	Hammel I	Hammel II
Einnahme	2.701	2.701
Ausgabe im Kot . .	3.681	3.634
Verdaut:	— 0.980	— 0.933
Ausgabe im Harn . .	1.414	1.330
N-Verlust:	2.394	2.263

Aus diesen Zahlen erkennen wir, dass ein erheblicher N-Verlust vom Körper stattgefunden hat, und dass die Futterration zu arm an Eiweiss ist. Die tägliche Ausscheidung an Harnstickstoff ist sehr gering und sinkt allmählich herab, was auch beweist, dass sich die Tiere im N-Hungerzustand befanden, denn unter derartigen Verhältnissen tritt bekanntlich infolge der verschiedenen Verhältnisse des Zirkulations- und Organeiweisses nach und nach eine Verminderung des Eiweissumsatzes ein.

II. Periode.

Das Grundfutter wurde in dieser Periode mit so viel Aleuronat, das fast vollständig verdaulich ist, versetzt, dass die N-Zulage gerade der Menge des N-Verlustes in Periode I entsprach. Es sollte geprüft werden, wie weit hierdurch der Eiweisszuschuss vom Körper vermindert werden konnte, bezw., ob bei gleichzeitiger Darbietung so aussergewöhnlich grosser Mengen N-freier Nährstoffe vielleicht schon Stickstoffgleichgewicht eintreten sollte. Letzteres war allerdings unwahrscheinlich, weil eine Erhöhung der Eiweissgabe zu einer Vermehrung des Eiweissumsatzes Veranlassung gibt.

Das Aleuronat besass folgende Zusammensetzung:

Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Fett
99.17	92.91	5.85	0.41

Die hiernach berechnete Zulage von 17 g Aleuronat wurde durch Verminderung der Stärkemenge um gleichfalls 17 g ihrem Wärmewerte nach kompensiert, soweit sich dies schätzungsweise beurteilen liess. Etwaige kleinere Abweichungen waren natürlich belanglos.

Die Ausscheidungen sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Datum:	Hammel I:			Hammel II:		
	Tränkwasserkonsum g	Kot frisch g	Kot lufttrocken g	Tränkwasserkonsum g	Kot frisch g	Kot lufttrocken g
30. März	1 290	544.5	195.6	1 200	460.5	169.3
31. "	1 900	485.0	197.2	670	590.5	233.7
1. April	1 550	340.5	155.5	2 097	610.0	208.6
2. "	1 450	530.3	217.2	700	575.3	194.2
3. "	1 350	552.3	203.4	1 390	521.7	178.6
4. "	1 290	462.0	163.6	1 670	580.7	181.9
5. "	2 020	530.2	185.6	1 240	602.2	192.7
6. "	1 660	584.5	183.5	1 420	531.5	156.7
Total:	12 510	4029.3	1501.6	10 387	4472.4	1515.7
Pro Tag:	1 564	503.7	187.7	1 298	559.1	189.5

Datum:	Hammel I:		Hammel II:	
	Harnmenge g	Harn Gesamt-N g	Harnmenge g	Harn Gesamt-N g
30. März	1313	1.753	813	1.922
31. "	1149	1.880	585	1.847
1. April	1148	1.783	708	1.943
2. "	910	1.690	924	1.792
3. "	1105	1.638	748	1.758
4. "	845	1.467	1077	1.735
5. "	947	1.645	844	1.719
6. "	1045	1.541	1115	1.708
Total:	8462	13.396	6814	14.424
Pro Tag:	1058	1.675	852	1.803

Die prozentische, auf Lufttrockensubstanz berechnete Zusammensetzung der beiden Kote war folgende:

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Ätherextrakt	Rohfaser
Hammel I	92.72	83.97	13.13	38.31	2.90	29.63
„ II	92.91	83.01	11.88	39.78	2.72	28.63

Verdauungskoeffizienten und Stickstoffbilanz sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	N-freie Extrakt-stoffe g	Äther-extrakt g	Rohfaser g
Hammel I (Gewicht 35.8 kg).						
100 g Heu, 200 g Stroh und 50 g Zucker	302.88	282.29	16.67	161.27	0.69	103.67
233 g Stärke	194.00	193.48	0.19	193.28	—	—
17 „ Aleuronat	15.97	15.84	14.84	0.93	0.07	—
Gesamtverzehr:	512.85	491.61	31.70	355.48	0.76	103.67
Im Kot	173.15	157.61	24.65	71.91	5.44	55.62
Verdaut im ganzen:	339.70	334.00	7.05	283.57	— 4.68	48.05
Verdaut in Prozenten:	66.2	68.0	22.2	79.8	—	46.4
Hammel II (Gewicht 39.3 kg).						
Futter	512.85	491.61	31.70	355.48	0.76	103.67
Im Kot	176.06	157.30	22.51	75.38	5.15	54.25
Verdaut im ganzen:	336.79	334.31	9.19	280.12	— 4.39	49.42
Verdaut in Prozenten:	65.7	68.0	29.0	78.8	—	47.7
Im Durchschnitt:	66.0	68.0	25.6	79.3	—	47.1

Stickstoffbilanz.

100 g	Heu, 200 g Stroh und 50 g Zucker	2.668 g N
233 „	Stärke	0.030 „ „
17 „	Aleuronat	2.375 „ „
		5.073 g N

	Hammel I	Hammel II
Einnahme	5.073	5.073
Im Kot	3.949	3.590
Verdaut:	1.124	1.483
Im Harn	1.675	1.803
N-Verlust:	0.551	0.320

Die Erhöhung der Eiweissgabe hat zunächst eine wesentlich bessere Verdauung der organischen Substanzen in Summa bewirkt. Bei fast genau gleicher Zufuhr wurden in Periode I 286.6 bezw. 303.6 g, in Periode II dagegen 334.0 bezw. 334.3 g verdaut, und die mittleren Verdauungskoeffizienten betrugen demnach 60.3 bezw. 68.0 g. Dementsprechend war im Kote deutlich weniger unverdaute Stärke nachweisbar. Es stimmt dies mit älteren Beobachtungen z. B. von HAUBNER überein. Die Minus-Verdauung beim Rohprotein hat sich in das Gegenteil verwandelt, aber der Verdauungskoeffizient für dieses Futtermittelbestandteil ist noch immer sehr niedrig, indem offenbar die N-haltigen Stoffwechselprodukte im Kote keine wesentliche Verminderung erfahren haben. Man kann dies daraus schliessen, dass die im Kote ausgeschiedenen Stickstoffmengen durchschnittlich etwas höher als in Periode I sind, während das zugesetzte Aleuronateiweiss nach den später zu besprechenden Ergebnissen der künstlichen Verdauung als fast vollständig verdaulich (ca. 98 %) anzusprechen ist.

Die immer noch sehr geringen Mengen an verdaulichem Eiweiss haben eine erhebliche Einschränkung des N-Verlustes bei beiden Tieren, namentlich aber bei Hammel II, im Gefolge gehabt, Stickstoffgleichgewicht ist indessen, wie vorauszusehen war, noch nicht erreicht worden. Der höhere N-Verlust bei Hammel I erklärt sich aus der grösseren N-Menge im Kote desselben, da durch die etwas geringere N-Menge im Harn nicht vollständig kompensiert wird.

III. Periode.

Um dem N-Gleichgewicht näher zu kommen, wurden weitere 8 g Aleuronat zugelegt und entsprechend Stärke weggelassen, im ganzen erhielten die Tiere daher ausser Heu, Stroh und Zucker noch 225 g Stärke und 25 g Aleuronat. Die Ausscheidungen in dieser Periode waren folgende:

Datum:	Hammel I: Tränkwasserkonsum g	Hammel I: Kot frisch g	Hammel I: Kot lufttrocken g	Hammel II: Tränkwasserkonsum g	Hammel II: Kot frisch g	Hammel II: Kot lufttrocken g
26. April	1 340	436.5	163.5	1290	610.0	202.9
27. „	1 320	517.7	182.3	1350	615.8	197.4
28. „	1 890	646.9	208.6	1160	501.7	169.5
29. „	2 287	763.2	206.4	860	548.8	195.8
30. „	1 210	811.5	215.7	840	471.5	166.8
1. Mai	1 360	709.6	193.2	580	541.2	190.0
2. „	1 650	724.2	200.0	1570	495.5	183.7
3. „	1 460	790.2	205.9	690	538.5	182.5
Total:	12 517	5399.8	1575.6	8290	4323.0	1488.6
Pro Tag:	1 565	675.0	197.0	1036	540.4	186.1

Datum:	Hammel I: Harnmenge g	Hammel I: Harn Gesamt-N g	Hammel II: Harnmenge g	Hammel II: Harn Gesamt-N g
26. April	963	2.140	774	2.548
27. „	1359	2.354	698	2.973
28. „	1274	2.507	644	2.655
29. „	1130	2.170	623	2.687
30. „	913	1.910	680	2.721
1. Mai	702	1.663	652	2.598
2. „	1089	1.794	692	2.527
3. „	874	1.919	670	2.313
Total:	8304	16.457	5433	21.022
Pro Tag:	1038	2.057	679	2.628

Die prozentische, in Lufttrockensubstanz berechnete Zusammensetzung der beiden Kote war folgende:

	Trockensubstanz	Organ. Substanz	Rohprotein	N-freie Extraktstoffe	Ätherextrakt	Rohfaser
Hammel I	92.25	83.00	13.36	37.40	3.04	29.20
„ II	91.77	81.80	12.69	38.08	2.94	28.09

Verdauungskoeffizienten und Stickstoffbilanz sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	N-freie Extraktstoffe g	Ätherextrakt g	Rohfaser g
Hammel I (Gewicht 35.8 kg).						
100 g Heu, 200 g Stroh und 50 g Zucker	302.88	282.29	16.67	161.27	0.69	103.67
225 g Stärke	187.34	186.83	0.19	186.65	—	—
25 „ Aleuronat	23.49	23.30	21.82	1.37	0.10	—
Gesamtverzehr:	513.71	492.42	38.68	349.29	0.79	103.67
Im Kot	181.73	163.51	26.32	73.68	5.99	57.52
Verdaut im ganzen:	331.98	328.91	12.36	275.61	— 5.20	46.15
Verdaut in Prozenten:	64.6	66.8	32.0	78.9	—	44.5
Hammel II (Gewicht 39.0 kg).						
Futter	513.71	492.42	38.68	349.29	0.79	103.67
Im Kot	170.78	152.23	23.62	70.87	5.47	52.28
Verdaut im ganzen:	342.93	340.19	15.06	278.42	— 4.68	51.39
Verdaut in Prozenten:	66.8	69.1	38.9	79.7	—	49.6
Im Durchschnitt:	**65.7**	**68.0**	**35.5**	**79.3**	—	**47.1**

Stickstoffbilanz:

100 g Heu, 200 g Stroh und 50 g Zucker	2.668 g N
225 „ Stärke	0.029 „ „
25 „ Aleuronat	3.493 „ „
	6.190 g N

	Hammel I	Hammel II
Einnahme	6.190	6.190
Im Kot	4.212	3.778
Verdaut:	1.978	2.412
Im Harn	2.057	2.628
N-Verlust:	0.079	0.216

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz hat durch den weiteren Ersatz von etwas Stärke durch Aleuronat keine wesentliche Veränderung erfahren. Hammel I hat etwas weniger, Hammel II etwas mehr verdaut, und im Durchschnitt ergibt sich fast genau die gleiche Zahl wie in Periode II. Stärke konnte im Kote nur noch spurenweise nachgewiesen werden. Die Stickstoffmengen im Kote waren bei beiden Tieren etwas erhöht, und die Differenzen zwischen beiden erreichten annähernd die gleiche Höhe wie in Periode II. Hammel II hat das Eiweiss wieder besser verdaut.

Ein sehr viel grösserer Unterschied macht sich wieder hinsichtlich des Harnstickstoffs bemerkbar. Die Differenz beträgt 0.571 g, und dies hat zur Folge, dass in der vorliegenden Periode abweichend von der vorhergehenden Hammel II einen etwas grösseren N-Verlust aufweist, während bei Hammel I das Stickstoffgleichgewicht bereits fast erreicht ist.

IV. Periode.

Es fand ein abermaliger Ersatz von 8 g Stärke durch 8 g Aleuronat statt.

Die Ausscheidungen waren folgende:

(Siehe die Tabellen auf S. 335 und 336.)

Der Unterschied im Verdauungsvermögen der beiden Tiere war hinsichtlich der organischen Substanz in Summa ähnlich wie in Periode III. Abweichungen bestehen aber insofern, als Hammel I sich in bezug auf die Eiweissausnutzung Hammel II

(Fortsetzung des Textes siehe S. 337.)

Datum:	Hammel I: Tränk-wasser-konsum g	Hammel I: Kot frisch g	Hammel I: Kot luft-trocken g	Hammel II: Tränk-wasser-konsum g	Hammel II: Kot frisch g	Hammel II: Kot luft-trocken g
15. Mai	1 560	796.5	219.0	1 510	475.7	182.9
16. „	1 780	763.2	231.7	1 160	553.5	197.3
17. „	2 080	717.7	224.5	1 280	501.0	179.2
18. „	2 020	699.0	214.5	1 650	536.0	190.3
19. „	1 970	656.0	183.6	1 390	610.5	207.0
20. „	1 720	742.2	208.4	1 330	485.2	182.2
21. „	2 160	722.7	212.5	1 640	444.7	171.7
22. „	1 980	709.7	199.5	1 250	468.7	174.9
Total:	15 270	5807.0	1693.7	11 210	4075.3	1485.5
Pro Tag:	1 909	725.9	211.7	1 401	509.4	185.7

Datum:	Hammel I: Harnmenge g	Hammel I: Harn Gesamt-N g	Hammel II: Harnmenge g	Hammel II: Harn Gesamt-N g
15. Mai	917	2.040	739	2.858
16. „	943	2.062	832	2.865
17. „	937	2.218	628	2.529
18. „	1159	2.060	626	2.803
19. „	899	1.797	799	2.894
20. „	965	2.100	870	2.877
21. „	930	2.205	738	2.828
22. „	940	2.072	850	3.103
Total:	7690	16.554	6082	22.757
Pro Tag:	961	2.069	,760	2.845

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Roh-protein	N-freie Extrakt-stoffe	Äther-extrakt	Rohfaser
Kot von Hammel I	91.38	82.65	12.19	37.59	1.83	31.04
„ „ „ II	91.33	81.71	13.28	37.56	2.42	28.45

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	N-freie Extrakt-stoffe g	Äther-extrakt g	Rohfaser g
Hammel I (Gewicht 34.2 kg).						
100 g Heu, 200 g Stroh und 50 g Zucker	302.88	282.29	16.67	161.27	0.69	103.67
217 g Stärke	180.68	180.29	0.18	180.01	—	—
33 „ Aleuronat	31.01	30.75	28.81	1.81	0.13	—
Gesamtverzehr:	514.57	493.23	45.66	343.09	0.82	103.67
Im Kot	193.45	174.97	25.81	79.58	3.87	65.71
Verdaut im ganzen:	321.12	318.26	19.85	263.51	— 2.95	37.96
Verdaut in Prozenten:	62.4	64.5	43.5	76.8	—	36.6
Hammel II (Gewicht 37.9 kg).						
Futter	514.57	493.23	45.66	343.09	0.82	103.67
Im Kot	169.60	151.74	24.66	69.75	4.50	52.83
Verdaut im ganzen:	344.97	341.49	21.00	273.24	— 3.68	50.84
Verdaut in Prozenten:	67.1	69.2	46.0	79.6	—	49.0
Im Durchschnitt:	64.8	66.9	44.8	78.2	—	42.8

Stickstoffbilanz:

100 g Heu, 200 g Stroh und 50 g Zucker	2.668 g N
217 „ Stärke	0.028 „ „
33 „ Aleuronat	4.610 „ „
	7.306 g N

	Hammel I	Hammel II
Einnahme	7.306	7.306
Im Kot	4.130	3.946
Verdaut:	3.176	3.360
Im Harn	2.069	2.845
N-Ansatz:	1.107 g	0.515 g

bedeutend näherte, die Rohfaser dagegen schlechter verwertet hat. Eine äussere Störung wurde nicht beobachtet, der Versuch verlief glatt wie immer, und im Kote erschienen keine Stärkekörnchen.

Der Unterschied der N-Ausscheidung im Harn zwischen beiden Tieren war hier noch grösser als in der vorigen Periode geworden. Der Harnstickstoff von Hammel I vermehrte sich fast gar nicht, sondern betrug ebenso viel wie in der vorigen Periode, trotzdem viel mehr N verdaut war, während bei Hammel II eine weitere Steigerung in gedachter Richtung, wenn auch nur innerhalb bescheidener Grenzen, zu konstatieren war.

Im Zusammenhang mit vorstehenden Tatsachen weicht das Ergebnis der N-Bilanz bei beiden Tieren noch erheblicher voneinander ab als in Periode III. Hammel II hat einen N-Ansatz von 0.515 g zu verzeichnen, während dieser Wert bei Hammel I bereits die ungewöhnliche Höhe von 1.107 g erreichte. Die Resultate der beiden letzten Perioden stimmen aber darin überein, dass individuelle Unterschiede zwischen beiden Tieren bestehen. Hammel II hat etwas mehr N-haltige Substanzen resorbiert, der Eiweissumsatz ist bei ihm aber gleichzeitig ein bedeutend höherer gewesen, so dass sich die N-Bilanz ungünstiger stellte.

Jedenfalls erkennen wir aus diesen Versuchen, dass das N-Gleichgewicht der beiden Hammel bei der Zulage einer gewissen Menge Aleuronat, die etwas mehr als 25 g, aber weniger als 33 g beträgt, erreicht werden muss.

Ein annähernd zutreffendes Bild von dem wirklichen Eiweissbedarfe beider Tiere kann man sich auf folgendem Wege verschaffen, wobei beachtet werden muss, dass die gewählte Art der Berechnung durch die gute Übereinstimmung der Ergebnisse beider Perioden, Hammel I und II natürlich gesondert betrachtet, gestützt wird. Es sei nochmals betont, dass der Ausdruck „Eiweiss“ die geringen Mengen „Nichteiweiss“ (vergl. S. 325) mit umfasst.

Man addiert den N-Verlust und den verdauten N bei der III. Periode, und subtrahiert den N-Ansatz vom verdauten N bei der IV. Periode, dann nimmt man das Mittel.

	Hammel I (34 kg L.-Gew.)	Hammel II (38 kg L.-Gew.)
Verdauter N in der III. Periode .	1.98	2.41
N-Verlust:	+ 0.08	+ 0.22
	2.06	2.63
Verdauter N in der IV. Periode .	3.18	3.36
N-Ansatz:	— 1.11	— 0.52
	2.07	2.84
Im Mittel:	2.06 g	2.73 g
Auf 1000 kg Lebendgewicht . .	0.060 kg N = 0.375 „ Eiweiss	0.072 kg N = 0.432 „ Eiweiss

In diesen Zahlen prägt sich die bereits erwähnte individuelle Verschiedenheit der beiden Tiere mit Bezug auf ihren Eiweissbedarf aus. Im Durchschnitt beider Tiere würde sich der Eiweissbedarf auf 0.41 kg pro 1000 kg Lebendgewicht stellen, immer ohne Berücksichtigung des Wollezuwachses. Richtiger dürfte es daher sein, zu sagen, dass bei Verabreichung der angegebenen Menge verdaulicher Eiweissstoffe Stickstoff-Gleichgewicht zu erwarten ist.

Die gefundenen, verhältnismässig niedrigen Werte könnten auf eine überreichliche Ernährung mit Kohlehydraten zurückgeführt werden. Ich habe deshalb die Stärkewerte in folgender Weise unter Benutzung der Zahlen in der III. Periode berechnet:

	Stärkewert im Mittel
Rohprotein 13.7 × 0.94	12.9
N-freie Extraktstoffe	277.0
Rohfaser	48.7
	338.6
Ab für Fett (Minus-Verdauung)	10.8
„ „ Rohfaser 103.7 × 0.58	60.2
„ „ Rohzucker 47.3 × 0.242	10.3
	257.3
	Pro 1000 kg = 7.0 kg

Der Stärkewert ist daher sogar erheblich niedriger, als die KELLNERsche Norm (8.3 kg) verlangt, aber man muss auch berücksichtigen, dass es sich bei dieser um ein schwaches Produktionsfutter handelt.

Nachstehende Tabelle liefert eine zusammenfassende Übersicht über die gefundenen mittleren Verdauungskoeffizienten der

Nährstoffgruppen in den vier Perioden, an die sich noch eine Besprechung über die sich für das Rohprotein ergebenden Verhältnisse anschliessen soll.

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	Roh-protein	N-freie Extraktstoffe	Roh-faser
I. Periode	59.8	60.3	Minus-Verdauung	73.1	33.7
II. Periode	66.0	68.0	25.6	79.3	47.1
III. Periode	65.7	68.0	35.5	79.3	47.1
IV. Periode	64.8	66.9	44.8	78.2	42.8

Die sehr geringe Verdaulichkeit der stickstoffhaltigen Substanzen ist, wie ich schon oben erwähnte, zweifellos durch die dem Kote beigemischten Stoffwechselprodukte verursacht worden. Th. Pfeiffer[1]) hat im Schweinekote eine grosse Menge Stickstoff in Form von Stoffwechselprodukten gefunden, die durchschnittlich 4.4 % Rohprotein im getrockneten Kote entspricht, obwohl den Tieren ein fast stickstofffreies Futter verabreicht worden war. Ähnliches beobachtete O. Kellner[2]) im Kote des Schafes, indem er fand, dass zwischen der Menge der stickstoffhaltigen Stoffwechselprodukte und der Menge der verdauten organischen Substanz gewisse Beziehungen bestehen. Wenn man auch annehmen würde, dass die beiden Tiere in der I. Periode gar kein Eiweiss verdaut hätten, was ganz unmöglich ist, so bleibt doch noch 1 g N im Kote als Stoffwechselprodukt übrig.

Die Ansichten über den in künstlichem Magensaft löslichen Anteil des Rohproteins der Futtermittel und über andere hierher gehörige Fragen weichen bekanntlich trotz vieler Untersuchungen noch immer voneinander ab. Ich glaube, den betreffenden Arbeiten[3]) für meine Zwecke folgendes entnehmen zu können. Der Wiederkäuer verdaut die in künstlichem Magensaft löslichen Proteinstoffe des Futters im allgemeinen vollständig, und die natürliche Verdauung der Proteinstoffe des Futters im Magen

---

[1]) Journal für Landwirtschaft 33. Jahrg., 1885, S. 170.

[2]) O. Kellner, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere, 3. Auflage, S. 31.

[3]) Stutzer, Journal für Landwirtschaft 28. Bd., 1880, S. 195 und ebenda 29. Bd., S. 475, Kellner, Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie 1880, S. 763, Pfeiffer, Zeitschrift für physiologische Chemie 10. Bd., 1886, S. 561, ebenda 11. Bd., 1887, S. 1 und Landw. Versuchs-Stationen 55. Bd., 1901, S. 129, G. Kühn, Landw. Versuchs-Stationen 44. Bd., 1894 S. 188, K. Bülow, Journal für Landwirtschaft 48. Bd., 1900, S. 1.

und Darm geht nicht weiter, als die lösende Wirkung der Pepsinsalzsäure. Weiter beweisen die Untersuchungen, dass derjenige Teil des Stickstoffs im Kote, der im künstlichen Magensaft gelöst wird, höchstwahrscheinlich den Stoffwechselprodukten angehört, und dass dieser Gehalt im Kote 0.3—0.7, gewöhnlich 0.4—0.5 Teile auf 100 Teile verdaute Trockensubstanz beträgt.

Ich behandelte daher die Futtermittel mit Pepsinsalzsäure nach der Methode von Wedemeyer,[1]) um die Verdaulichkeit ihrer Stickstoffbestandteile auf künstlichem Wege zu ermitteln; die Zahlen waren folgende:

	Heu	Stroh	Aleuronat
	%	%	%
Löslicher N. .	0.69	0.21	13.09
Unlöslicher N .	0.60	0.47	0.28

Wenn wir diese Zahlen zur Berechnung des unverdaulichen N der verschiedenen Futterrationen benutzen und dann einen Vergleich zwischen den gewonnenen Werten und den im Kot tatsächlich ausgeschiedenen N-Mengen anstellen, so müssen nach dem Gesagten die Differenzen sich etwa mit den auf Stoffwechselprodukte entfallenden N-Mengen decken. Man kann hiernach ferner ermitteln, welche N-Menge in Form von Stoffwechselprodukten auf je 100 g verdaute Trockensubstanz fällt.

	Periode I:		Periode II:		Periode III:		Periode IV:	
	Hammel I g	Hammel II g	Hammel I g	Hammel II g	Hammel I g	Hammel II g	Hammel I g	Hammel II g
N im Kote	3.68	3.63	3.95	3.59	4.21	3.78	4.13	3.95
Künstlich unverdaul. N im Futter.	1.54	1.54	1.59	1.59	1.61	1.61	1.63	1.63
N der Stoffwechselprodukte. . .	2.14	2.09	2.36	2.00	2.60	2.17	2.50	2.32
Auf je 100 g verdaute Tr.-S. . .	0.70	0.64	0.69	0.60	0.78	0.63	0.78	0.67

Die Menge des im Kote in Form von Stoffwechselprodukten ausgeschiedenen Stickstoffs würde demnach verhältnismässig sehr

[1]) Landw. Versuchs-Stationen 51. Bd., 1899, S. 383 und König, Die Untersuchung landw. und gewerbl. wichtiger Stoffe, 3. Auflage, S. 219.

hoch sein. Die auf je 100 g verdaute Trockensubstanz entfallenden Werte liegen über dem gewöhnlichen Durchschnitt und sogar teilweise etwas über der bislang gefundenen höchsten Zahl.

Völlige Sicherheit bietet aber die angestellte Berechnung selbstverständlich nicht.

Stellt man sich auf den Standpunkt, dass das verdauliche Eiweiss nicht nur zur Deckung des nach der Harnausscheidung genommenen Eiweissumsatzes, sondern zu derjenigen der N-haltigen Stoffwechselprodukte zu dienen hat, so würde sich der Eiweissbedarf, um Stickstoff-Gleichgewicht zu erzielen, entsprechend höher stellen. Für vorliegende Versuche würden sich dann folgende Werte ergeben:

	Periode III:		Periode IV:	
	Hammel I g	Hammel II g	Hammel I g	Hammel II g
N-Bedarf nach S. 338	2.06	2.63	2.07	2.84
Dazu N der Stoffwechselprodukte	2.60	2.17	2.50	2.32
Summa:	4.66	4.80	4.57	5.16
Verdauliches Eiweiss pro 1000 kg Lebendgewicht	kg 0.856	kg 0.794	kg 0.837	kg 0.850

Im Mittel = 0.83 kg.

Diese Berechnung entspricht aber nicht den üblichen Angaben, weil sie den Begriff der verdaulichen Eiweissstoffe unter Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte verschiebt. Sie ist lediglich der Vollständigkeit halber durchgeführt worden. Das Eiweissminimum im gewöhnlichen Sinne betrug vielmehr, wie gezeigt wurde, bei vorliegenden Untersuchungen durchschnittlich 0.41 kg pro 1000 kg Lebendgewicht ohne Berücksichtigung des Wollezuwachses.

Über die Zusammensetzung der Kuhmilch verschiedener Rassen

mit besonderer Berücksichtigung ihres Kalk- und Phosphorsäuregehaltes.

Von

Dr. T. KATAYAMA.

(Aus dem agrikultur-chemischen Institut der Universität Breslau.)

Es wird häufig betont, dass man bei der Aufzucht junger, wachsender Tiere aus naheliegenden Gründen für einen genügenden Gehalt des Futters an Kalkphosphat Sorge zu tragen hat. Viele Forscher haben die Versuche mit jungem Vieh unter Zusatz von Kalkphosphat zum Futter angestellt und hierbei wird immer nur der Mangel des allgemein gebräuchlichen Futters an den beiden Mineralstoffen berücksichtigt, während die Untersuchung der Milch ausser acht gelassen wird. Wahrscheinlich nehmen sie an, dass alle Nährbestandteile der Milch im normalen Zustande das Bedürfnis des neugeborenen Tieres zu decken vermögen. Nur eine einzige Untersuchung auf diesem Gebiete wurde von FR. SOXHLET[1]) ausgeführt, in der er neugeborene Saugkälber unter ausschliesslicher Verabreichung von Vollmilch ernährte.

Nach seinen Untersuchungen ist die Verdaulichkeit der Milch ausserordentlich gross. Auf den Verzehr von 100 Teilen Milchtrockensubstanz gingen nur 2.3 Teile in den Kot über, von Eiweissstoffen 5.6, von Fett 0.2 und von den Mineralstoffen 2.6 Teile, in diesen Teilen wurde auch noch eine Menge

---

[1]) I. Bericht über Arbeiten der landw. Versuchsstation Wien 1878, S. 151, und O. KELLNER, Die Ernährung der landw. Nutztiere, 3. Auflage, S. 455 und 458.

von Stoffwechselprodukten wahrgenommen. Der Ansatz von Nährstoffen im Körper war auch sehr gross, unter den Mineralbestandteilen gelangten z. B. 72.5 % der eingenommenen Phosphorsäure und 97 % des Kalkes zum Ansatz. Aus diesen Beobachtungen schloss Soxhlet, dass das Saugkalb bei der ausschliesslichen Ernährung mit Milch wahrscheinlich mit einem nicht geringen Überschuss (27.5 %) an Phosphorsäure versorgt wird, dagegen recht knapp mit Kalk. Daher scheint die Kuhmilch unserer hochgezüchteten Rassen an Kalk, der für die Knochenbildung eine so wichtige Substanz ist, so arm geworden zu sein, dass sie kaum noch den vollen Bedarf decken kann. Die grosse Begierde, mit der Saugkälber kalkhaltige Substanzen, wie Mörtel und Kreide verzehren, deutet gewiss darauf hin, dass die Milch den Tieren kaum genügend Kalk bietet. Aus diesem Grunde bezeichnet es Soxhlet als zweckmässig, den Saugkälbern, solange sie nur mit Milch ernährt werden, etwas Schlemmkreide anstatt des Kalkphosphates zu verabreichen.

Angaben über die Wirkung eines derartigen Zusatzes auf die Ernährung der Saugkälber sind in der Literatur nur sehr spärlich vertreten. Nach dem Versuche, den K. Hittcher[1]) mit 27 Kälbern angestellt hat, scheint ein Zusatz von löslichen Kalksalzen bei der Verabreichung von gekochter Milch keinen günstigen Einfluss auf die Körpergewichtszunahme auszuüben, während der Zusatz von Kochsalz sich noch besser bewährt hat als die Verwendung natürlicher Rohmilch.

Wenn der Kalk des Futters in genügender Menge leicht in die Milch übergehen könnte, so liesse sich der Mangel an diesem wichtigen Stoffe durch die Fütterung der Muttertiere mit einer kalkhaltigen Substanz einfach beseitigen. Aber Weiske[2]) stellte schon einen Einfluss von Kalkphosphat als Beigabe zum Futter auf Vermehrung des Gehaltes an diesem Mineralstoff in der Milch vollständig in Abrede. Neumann[3]) hat auch bei der mehrwöchigen Fütterung der Kühe mit Zusatz von täglich 100 g Calciumphosphat zu einer Futterration, die aus 22.5 kg Biertreber, 4 kg Heu, 2 kg Haferstroh und 20 g

[1]) Königsberger landw. und forstw. Zeitung 1902, No. 4, und Zentralblatt für Agrikulturchemie 31. Jahrgang, 1902, S. 740.

[2]) Preuss. Annalen der Landwirtschaft 1871, S. 309.

[3]) König, Chemie der menschl. Nahrungs- und Genussmittel, 1903, Bd. I, S. 195.

Futtersalz bestand, fast keine Steigerung nicht nur des Kalkgehaltes, sondern auch des Phosphorsäuregehaltes in der Milch beobachtet, während von SCHULTE-BÄUMINGHANS[1]) berichtet wird, dass er einen wenn auch im Verhältnis zur gegebenen Menge geringen Übergang des Kalkes in die Milch gefunden hat.

SOXHLET betont, wie bereits erwähnt wurde, dass die Milch unserer hochgezüchteten Rassen bei den damit ernährten Kälbern ein besonderes Kalkbedürfnis erzeugt. Dies deutet darauf hin, dass die Milch infolge der bei der Hochzucht getroffenen Maſsnahmen als ungünstige Eigenschaft eine spezifische Kalkarmut erworben haben soll. Nähere Untersuchungen in vorstehender Richtung fehlen jedoch bislang, und ich stellte mir daher die Aufgabe, die Milch möglichst verschiedener Rassen einer vergleichenden Prüfung in gedachter Beziehung zu unterwerfen. Handelt es sich bei den hochgezüchteten Rassen tatsächlich um eine spezifische Kalkarmut der Milch namentlich auch im Verhältnis zu deren Gehalt an Phosphorsäure, so musste sich dies in den betreffenden analytischen Ergebnissen ausprägen. Es war aber auch möglich, dass die genannten Mineralstoffe im Verhältnis zu den wichtigen organischen Milchbestandteilen bei der Züchtung charakteristische Änderungen erfahren haben könnten, und die Untersuchungen wurden deshalb auf die Bestimmung von Stickstoff und Fett in der Milch ausgedehnt.

Zunächst verschaffte ich mir Milchproben aus dem Rassenviehstalle des Institutes für landwirtschaftliche Tierproduktionslehre hiesiger Universität in Rosenthal, wo verschiedene Kuhrassen gehalten werden. Danach liess ich mir noch einige Durchschnittsproben von Herden aus Ostpreussen schicken. Inzwischen versuchte ich möglichst viele Milchproben aus verschiedenen Ländern zu bekommen, wo Rassen gehalten werden, bei denen von einer Hochzucht unter keinen Umständen die Rede sein kann.

Ich stiess hierbei aber begreiflicherweise auf Schwierigkeiten, zumal mir nicht genügende Zeit zur Verfügung stand, um mich auf langwierige Korrespondenzen mit dem Auslande einzulassen.

Es gelang mir jedoch, eine genügende Anzahl von Milchproben aus Rumänien, Deutsch-Ostafrika, Ceylon und Korea zu erhalten.

---

[1]) Mitt. des landw. Instituts der Universität Breslau Bd. II, S. 26.

Als Konservierungsmaterial der Milch diente Formalin, weil es schon in geringer Menge antiseptisch wirkt, ohne eine Störung auf die Untersuchung auszuüben.

Bei der Aufbewahrung der Milch während der Analyse schüttelte ich täglich die Flasche, um die Rahmbildung zu verhindern, da es sehr schwierig ist, die Rahmschicht in der Milch gleichmässig zu verteilen.

In einigen Flaschen, die von weit entfernten Ländern kamen, hatte die Rahmbildung schon stattgefunden, ohne dass die Milch verdorben war.

Die Rahmbildung scheint wenig gestört zu werden, wenn die Milch, die einen hohen Fettgehalt besitzt, die ganze Flasche erfüllt.

Ich schüttelte und rührte oftmals diese Milch um, bis die Fettflocken möglichst fein verteilt waren.

Die Analysen wurden in derartig etwas schwieriger liegenden Fällen 3 oder 4fach ausgeführt, sonst im allgemeinen 2fach. In den nachfolgenden Tabellen sind die Mittelwerte der im allgemeinen gut übereinstimmenden Analysen angeführt.

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurde eine mit geglühtem Seesand gefüllte Soxhletsche Nickelschale angewandt. Die Fettbestimmung erfolgte nach Gerber, die des Stickstoffs nach Kjeldahl. Bei der Aschebestimmung verbrannte ich in einer Platinschale langsam und sorgfältig bei ganz kleiner Flamme die nach dem Verdunsten des Wassers aus den 10 ccm Milch ausgeschiedene Trockensubstanz. Ich wiess an der Hand von Vorversuchen nach, dass diese Methode fast keinen Unterschied der Resultate im Vergleich zu dem sogen. Auslaugeverfahren hervorruft, und daher mit genügender Sicherheit bei meinen Untersuchungen anwendbar war. Zur Bestimmung der einzelnen Aschebestandteile glühte ich den verdampften Rückstand von 200 ccm Milch. Die Asche wurde in Salpetersäure gelöst, auf 200 ccm aufgefüllt, und 100 ccm davon (nämlich 100 ccm Milch entsprechend) zur Kalk- und der übrige Teil zur Phosphorsäurebestimmung benutzt. Da die Milchasche immer alkalisch reagiert, so besteht keine Gefahr eines Phosphorverlustes beim Glühen. Dagegen wurde der organisch gebundene Phosphor als Phosphorsäure mitbestimmt, was jedoch namentlich für die Zwecke vergleichender Untersuchungen belanglos bleibt.

Hinsichtlich der Fällung des Kalkes neben den vorhandenen Spuren von Eisen habe ich noch folgende Bemerkungen zu machen. Streng genommen hätte eine Trennung nach Zusatz genügender Mengen Eisenchlorid mit Hilfe der bekannten Natriumacetat-Methode erfolgen müssen. Diese ist aber zeitraubend und liefert trotz sorgfältiger Ausführung leicht etwas Eisen enthaltende Kalkniederschläge, wie ich mich bei einigen Vorversuchen mit Salzmischungen von einer der Milchasche entsprechenden Zusammensetzung überzeugen musste.

Ich habe es deshalb vorgezogen, den Kalk aus seiner Lösung direkt in bekannter Weise mit Ammoniumoxalat zu fällen und das Eisen im geglühten Calciumoxyd zu bestimmen. Es handelte sich aber immer nur um ganz minimale, kaum fassbare Spuren. Die Phosphorsäure wurde nach der Molybdän-Magnesiamixturmethode bestimmt.

Ich sammelte zuerst am 8. Januar d. J. die Milchproben im Rosenthaler Stalle und fernerhin noch 2mal in den folgenden

Datum:	Nummer	In der natürlichen Milch:						In der	
		Trockensubstanz	Fett	Stickstoff	Asche	Kalk	Phosphorsäure	Fett	Stickstoff
Schlesisches Rotvieh.									
8. Januar	1	13.43	4.70	0.559	0.691	0.153	0.221	35.0	4.16
23. „	2	13.21	4.55	0.579	0.708	0.148	0.213	34.4	4.38
5. März	3	13.53	4.63	0.603	0.715	0.156	0.213	34.2	4.46
Rotbraune Ostfriese.									
31. Januar	4	14.73	6.36	0.682	0.856	0.194	0.219	43.2	4.63
27. Februar	5	13.55	4.95	0.672	0.829	0.192	0.224	36.5	4.96
Scheinfelder.									
8. Januar	6	13.12	4.40	0.503	0.666	0.155	0.216	33.5	3.83
23. „	7	12.87	4.37	0.523	0.726	0.149	0.210	34.0	4.08
27. Februar	8	13.11	4.95	0.532	0.717	0.153	0.211	37.8	4.06
Voigtländer.									
8. Januar	9	12.83	4.10	0.540	0.772	0.176	0.228	31.2	4.72
23. „	10	12.77	4.54	0.547	0.783	0.166	0.206	35.5	4.28
27. Februar	11	11.88	3.94	0.543	0.779	0.154	0.193	33.2	4.57

3—4 Wochen; im ganzen 26 Proben von 9 verschiedenen Rassen, nämlich: Schlesisches Rotvieh, Scheinfelder, Voigtländer, Simmentaler, schwarzbunte Ostfriese, Holländer, Wilstermarsch, Schwyzer und rotbraune Ostfriesen.

Der Gesundheitszustand aller Kühe war immer normal, aber die schwarzbunte Ostfriese war im hochtragenden Zustand und nicht mehr gemolken worden. Jedoch sammelte ich die Milchproben von dieser Kuh 2 mal vor und 1 mal nach dem Kalben. Die Futterration bestand pro Tag und Stück aus 1.5 kg Trockenschnitzel, 1.5 kg Häcksel, 1.5 kg Heu, 12.5 kg Rüben, 0.7 kg Leinkuchen, 0.7 kg Malzkeime, ein paar Gramm Kalkphosphat und Kochsalz. Die Durchschnittsproben von Milch der Ostpreussischen Holländer Kühe entstammen der grossen Herde in Kleinhof-Tabiau und Umgebung.

Die prozentische Zusammensetzung der Milch von den oben erwähnten Rassen ist in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Trockensubstanz:			In der fettfreien Tr.-S.:				In der Asche:		Verhältnis von Kalk 1:	
Asche	Kalk	Phosphorsäure	Stickstoff	Asche	Kalk	Phosphorsäure	Kalk	Phosphorsäure	Phosphorsäure	Stickstoff
Schlesisches Rotvieh.										
5.14	1.14	1.64	6.40	7.91	1.76	2.53	22.1	32.0	1.44	3.66
5.36	1.12	1.62	6.69	8.17	1.71	2.46	21.0	30.1	1.44	3.90
5.28	1.15	1.57	6.78	8.03	1.75	2.39	21.8	30.0	1.37	3.87
Rotbraune Ostfriese.										
5.81	1.32	1.49	8.15	10.20	2.32	2.62	22.6	25.6	1.13	3.52
6.12	1.42	1.65	7.81	9.64	2.23	2.61	23.1	27.0	1.17	3.50
Scheinfelder.										
5.07	1.18	1.65	5.77	7.64	1.78	2.48	23.3	32.4	1.39	3.24
5.64	1.16	1.64	6.15	8.54	1.75	2.47	20.5	28.9	1.41	3.50
5.47	1.17	1.61	6.52	8.79	1.88	2.59	21.3	29.4	1.38	3.49
Voigtländer.										
6.01	1.37	1.78	6.19	8.84	2.02	2.61	22.7	29.5	1.30	3.07
6.13	1.30	1.61	6.65	9.51	2.02	2.50	21.2	26.3	1.24	3.30
6.56	1.30	1.63	6.84	9.81	1.94	2.44	19.7	24.7	1.25	3.53

Datum:	Nummer	In der natürlichen Milch:						In der	
		Trocken-substanz	Fett	Stickstoff	Asche	Kalk	Phosphor-säure	Fett	Stickstoff
Simmentaler.									
8. Januar	12	13.63	4.10	0.605	0.750	0.194	0.245	30.1	4.44
23. „	13	13.24	4.02	0.620	0.802	0.191	0.235	30.4	4.68
27. Februar	14	14.95	5.87	0.649	0.792	0.203	0.233	39.3	4.34
Schwarzbunte Ostfriese.									
8. Januar	15	12.44	3.55	0.608	0.776	0.195	0.273	28.5	4.89
31. „	16	12.88	4.08	0.682	0.863	0.227	0.255	31.7	5.29
30. März	17	10.76	2.02	0.514	0.714	0.158	0.214	18.8	4.79
Holländer.									
8. Januar	18	12.18	4.40	0.535	0.708	0.164	0.246	36.1	4.39
31. „	19	12.13	3.44	0.531	0.764	0.160	0.232	28.4	4.38
5. März	20	14.26	5.12	0.569	0.742	0.175	0.229	35.9	3.99
Wilstermarscher.									
8. Januar	21	12.05	3.50	0.541	0.693	0.156	0.203	29.0	4.49
31. „	22	12.01	3.92	0.510	0.699	0.150	0.202	32.6	4.25
5. März	23	13.04	4.18	0.520	0.706	0.160	0.195	32.1	3.99
Schwyzer.									
8. Januar	24	11.62	3.55	0.558	0.756	0.167	0.221	30.6	4.80
31. „	25	12.67	4.29	0.518	0.728	0.158	0.219	33.9	4.09
5. März	26	13.06	4.11	0.564	0.734	0.166	0.216	31.5	4.32
Ostpreussische Holländer.									
6. April	27	11.02	2.93	0.452	0.737	0.154	0.192	26.6	4.10
6. „	28	11.30	3.11	0.453	0.709	0.152	0.195	27.5	4.01
6. „	29	10.94	3.15	0.429	0.718	0.167	0.184	28.8	3.92
6. „	30	11.14	3.40	0.454	0.742	0.160	0.191	30.5	4.08
6. „	31	11.27	3.21	0.460	0.694	0.149	0.180	28.5	4.08
6. „	32	10.96	3.13	0.448	0.675	0.143	0.184	28.6	4.09
Im Durchschnitt:		**12.55**	**4.08**	**0.547**	**0.742**	**0.167**	**0.216**	**32.1**	**4.36**
Schwankung:		**10.76 bis 14.95**	**2.02 bis 6.36**	**0.429 bis 0.682**	**0.666 bis 0.863**	**0.143 bis 0.227**	**0.180 bis 0.273**	**18.8 bis 43.2**	**3.83 bis 5.29**

Trockensubstanz:			In der fettfreien Tr.-S.:				In der Asche:		Verhältnis von Kalk 1:	
Asche	Kalk	Phosphorsäure	Stickstoff	Asche	Kalk	Phosphorsäure	Kalk	Phosphorsäure	Phosphorsäure	Stickstoff
					Simmentaler.					
5.50	1.42	1.80	6.35	7.87	2.04	2.57	25.8	32.7	1.27	3.12
6.06	1.44	1.78	6.73	8.70	2.07	2.55	23.8	29.3	1.23	3.25
5.30	1.36	1.56	7.15	8.72	2.24	2.57	25.6	29.4	1.15	3.20
					Schwarzbunte Ostfriese.					
6.25	1.57	2.19	6.84	8.73	2.19	3.07	25.1	35.2	1.40	3.12
6.70	1.76	1.98	7.74	9.81	2.58	2.90	26.3	29.6	1.12	3.08
6.64	1.47	1.99	5.88	8.17	1.81	2.45	22.2	29.9	1.33	3.19
					Holländer.					
5.81	1.32	2.02	6.98	9.24	2.10	3.16	23.2	34.7	1.50	3.26
6.30	1.32	1.91	6.11	8.79	1.84	2.67	20.9	30.4	1.46	3.33
5.20	1.23	1.61	6.23	8.12	1.92	2.50	23.6	30.8	1.31	3.25
					Wilstermarscher.					
5.75	1.30	1.69	6.33	8.11	1.82	2.37	22.5	29.3	1.30	3.48
5.82	1.25	1.68	6.30	8.64	1.86	2.50	21.4	29.0	1.35	3.41
5.41	1.23	1.50	5.87	7.98	1.81	2.20	22.7	27.7	1.22	3.24
					Schwyzer.					
6.51	1.44	1.90	6.92	9.37	2.07	2.74	22.1	29.3	1.33	3.34
5.75	1.25	1.73	6.18	8.69	1.89	2.61	21.7	30.1	1.39	3.29
5.62	1.27	1.65	6.30	8.20	1.89	2.40	22.6	29.5	1.30	3.40
					Ostpreussische Holländer.					
6.69	1.40	1.74	5.52	9.11	1.90	2.37	20.9	26.0	1.24	2.93
6.27	1.35	1.73	5.53	8.66	1.86	2.38	21.4	27.5	1.26	2.98
6.56	1.53	1.68	5.51	9.22	2.14	2.36	23.4	25.6	1.10	2.57
6.66	1.44	1.72	5.87	9.59	2.07	2.47	21.4	25.7	1.20	2.84
6.16	1.32	1.60	5.70	8.61	1.85	2.21	21.5	25.7	1.19	3.08
6.16	1.31	1.68	5.73	8.62	1.83	2.35	21.2	27.2	1.28	3.13
5.93	**1.33**	**1.72**	**6.43**	**9.07**	**1.97**	**2.53**	**22.5**	**30.0**	**1.30**	**3.28**
5.14 bis 6.70	**1.12 bis 1.76**	**1.49 bis 2.19**	**5.51 bis 8.15**	**7.64 bis 10.20**	**1.71 bis 2.58**	**2.20 bis 3.16**	**19.7 bis 26.3**	**24.7 bis 35.2**	**1.10 bis 1.50**	**2.57 bis 3.90**

Die analytischen Zahlen zeigen, dass in bezug auf Kalk und Phosphorsäure die Zusammensetzung der Milch der verschiedenen Rassen und Individuen stark schwankt, aber dass diese bei einer einzelnen Kuh während 2—3 Monaten keine wesentliche Änderung zeigt. Die Milch der hochtragenden Kuh (15—17) enthielt in der Zeit kurz vor dem Kalben eine ausnahmsweise grosse Menge Kalk und Phosphorsäure, aber nach dem Kalben sank der Gehalt an beiden Stoffen sehr beträchtlich. Jedoch zeigen die auf Trockensubstanz berechneten Zahlen keinen grossen Unterschied (s. S. 348/349), so dass es sich also in ersterem Falle lediglich um die Ausscheidung — übrigens auch hinsichtlich der sonstigen Bestandteile — einer anormal konzentrierten Milch gehandelt hat.

Die durchschnittlichen Zahlen für die sämtlichen von mir bestimmten Bestandteile waren folgende:

Fett	Stickstoff	Asche	Kalk	Phosphorsäure
4.08	0.547	0.742	0.167	0.216

Die Schwankungen waren, wie folgende Übersicht zeigt, beim Fett besonders gross und bewegten sich bei den übrigen Bestandteilen innerhalb annähernd gleicher Grenzen (etwa 100 : 150):

Fett	Stickstoff	Asche	Kalk	Phosphorsäure
2.02—6.36	0.43—0.68	0.66—0.86	0.143—0.227	0.180—0.273

Eine Besprechung von Einzelheiten folgt später.

Ich möchte nun hier eine kurze Notiz über die betreffenden ausländischen Kühe einschalten, bevor ich auf die Zusammensetzung dieser Milch (s. S. 352/353) eingehe.

In Rumänien kann man kaum reine Kulturrassen, sondern nur eingeborenes Vieh finden, das eine noch zurückgebliebene Urrasse ist und nur wenig Milch gibt, ca. 500 l im Jahr, No. 34 und 35 sind Kühe der Moldouer-podolischen Urrasse, die erste ist 6 jährig, kalbte einen Monat vor der Probenahme, bekommt täglich Maisstroh nach Belieben und etwa 1 kg Wiesenheu, die letztere ist 5 jährig, kalbte vor 6 Monaten und bekommt ausser Maisstroh noch 2 kg Wiesenheu. No. 33 ist eine Kreuzung der eingeborenen Rasse mit Simmentaler, 7 jährig, kalbte vor 8 Monaten und bekommt Wiesenheu, Maisstroh und $1^1/_2$ kg Rüben.

In Ceylon trinken nur die Europäer oder die von diesen abstammenden Leute Kuh- und Büffelmilch, während die Ein-

geborenen gewöhnlich nicht gern Milch zu sich nehmen. Die Milchergiebigkeit der Kuh von Ceylon ist sehr gering, täglich etwa 2—2.5 l. Man lässt die Kühe (No. 36 und 37) hauptsächlich auf der Weide und gibt ihnen noch etwas Sesamkuchen. Ich erhielt auch Milch einer Büffelkuh (No. 46) der neben Heu noch etwas Baumwollsaatkuchen, Bohnenschalen und Sesamkuchen gegeben wird. Die tägliche Milchmenge ist auch hier nicht besonders gross, etwa 7—9 l.

In Ostasien trinkt man überhaupt keine tierische Milch, die Säuglinge werden immer nur mit der Muttermilch ernährt, und Milchwirtschaft findet sich dort fast garnicht vor. Aber in meiner Heimat Japan hat man seit etwa 40 Jahren oftmals viel gutes europäisches und amerikanisches Milchvieh eingeführt, weil das Bedürfnis nach Milch zu Trinkzwecken fortwährend grösser wird. Der Viehstand ist schon so sehr verbessert, so dass man jetzt nur mit grosser Schwierigkeit rein japanisches Vieh finden kann, das lediglich noch in einsamen, unbesuchten Hochgebirgsgegenden als Fleischvieh oder Arbeitsvieh gehalten wird. Deswegen ist es sehr schwer, in einer beschränkten Zeit die gewünschten Proben zu bekommen, was mir schliesslich auch nicht gelungen ist.

In China gibt es nur einheimische Rassen, aber meine Anfrage fiel in eine ungünstige Zeit, da die Chinesen das Neujahrsfest feierten und nicht arbeiteten, namentlich das für sie ungewohnte Melken nicht ausführen wollten.

In Korea hat man sich der zur Beförderung der Landwirtschaft und Industrie dienenden Versuchsstation bemüht, eine Kuh in der Demonstrationszwecken dienenden Station für Industrie und Landwirtschaft zu Suigen zu melken, und ich erhielt glücklicherweise zwei Milchproben, die man in 2 Tagen gewann. Man hat die Kuh den dortigen Verhältnissen entsprechend zum erstenmal auf meinen Wunsch hin gemolken, und dabei eine ganz geringe Menge bekommen. Die Kuh ist 8 jährig, kalbte 4 mal und wird beim Ackerbau verwendet. Im Winter reicht man dem Vieh meistens Stroh mit Zusatz von Sojabohnenschalen und verschiedenen anderem, aber im Sommer lässt man es auf der Weide und reicht daneben etwas Sojabohnen, Reisfuttermehl, Hirse usw. als Kraftfutter je nach der Schwierigkeit der Arbeit. Das koreanische Vieh ist etwas grösser als

(Fortsetzung des Textes siehe S. 354.)

Datum:	Nummer	In der natürlichen Milch: Trocken-substanz %	Fett %	Stickstoff %	Asche %	Kalk %	Phosphor-säure %	In der Fett %	Stickstoff %
				Rumänische Kühe.					
26. Februar	33[1]	12.01	3.75	0.404	0.765	0.165	0.189	31.2	3.36
26. „	34	11.64	2.91	0.478	0.680	0.180	0.222	25.0	4.11
26. „	35	13.29	3.42	0.649	0.795	0.204	0.270	25.7	4.88
				Ceyloner Kühe.					
15. Februar	36	12.86	4.90	0.534	0.599	0.153	0.194	38.0	4.14
15. „	37	13.60	4.98	0.444	0.710	0.188	0.207	36.6	3.26
				Koreanische Kuh.					
25. Januar	38	10.26	0.70	0.508	0.712	0.201	0.263	6.8	4.95
25. „	39	10.63	0.81	0.524	0.753	0.200	0.296	7.6	4.93
				Afrikanische Kühe.					
14. April	40[1]	11.76	3.79	0.432	0.700	0.159	0.198	32.2	3.67
14. „	41[1]	11.94	3.68	0.422	0.715	0.159	0.198	30.8	3.53
14. „	42	13.56	5.89	0.531	0.673	0.166	0.220	43.4	3.91
14. „	43	13.15	3.63	0.592	0.752	0.180	0.262	27.6	4.50
14. „	44	11.97	3.47	0.531	0.715	0.190	0.224	29.0	4.44
14. „	45	12.02	4.00	0.573	0.694	0.203	0.248	33.3	4.77
				Büffel.					
15. Februar	46	9.69	4.37	0.336	0.467	0.150	0.153	45.1	3.47
Im Durchschnitt:		**12.04**	**3.60**	**0.567**	**0.695**	**0.178**	**0.225**	**28.7**	**4.14**
Schwankung:		**9.69 bis 13.60**	**0.70 bis 5.89**	**0.336 bis 0.649**	**0.467 bis 0.795**	**0.150 bis 0.204**	**0.153 bis 0.296**	**6.8 bis 45.1**	**3.26 bis 4.95**

[1]) Kreuzung.

Trockensubstanz:			In der fettfreien Tr.-S.:				In der Asche:		Verhältnis von Kalk 1:	
Asche %	Kalk %	Phosphorsäure %	Stickstoff %	Asche %	Kalk %	Phosphorsäure %	Kalk %	Phosphorsäure %	Phosphorsäure %	Stickstoff %
Rumänische Kühe.										
6.37	1.37	1.57	4.89	9.27	2.06	2.29	24.5	28.0	1.15	2.44
5.84	1.55	1.91	5.48	7.79	2.06	2.54	26.5	32.6	1.23	2.65
5.98	1.54	2.03	6.58	8.05	2.07	2.74	25.6	34.0	1.33	3.19
Ceyloner Kühe.										
4.65	1.18	1.51	6.71	7.53	1.92	2.44	25.5	32.4	1.27	3.49
5.22	1.38	1.52	5.15	8.24	2.23	2.40	26.4	29.1	1.10	2.37
Koreanische Kuh.										
6.94	1.96	2.56	5.31	7.45	2.10	2.75	28.3	37.0	1.31	2.53
7.08	1.88	2.79	5.34	7.67	2.04	3.02	26.6	39.4	1.48	2.56
Afrikanische Kühe.										
5.95	1.35	1.68	5.42	8.78	1.99	2.48	22.7	28.3	1.26	2.72
5.99	1.33	1.66	5.10	8.65	1.92	2.40	22.2	27.7	1.26	2.66
4.96	1.22	1.62	6.92	8.77	2.16	2.87	24.7	32.6	1.33	3.20
5.72	1.37	1.99	6.21	7.90	1.89	2.75	23.9	34.9	1.46	3.29
5.97	1.59	1.87	6.24	8.41	2.23	2.63	26.6	31.3	1.18	2.80
5.77	1.69	2.06	7.14	8.65	2.53	3.09	29.2	35.7	1.22	2.82
Büffel.										
4.82	1.55	1.58	6.32	8.78	2.82	2.88	32.1	32.8	1.02	2.24
5.80	**1.50**	**1.88**	**5.91**	**8.28**	**2.15**	**2.66**	**26.1**	**32.6**	**1.26**	**2.78**
4.65 bis 7.08	**1.18 bis 1.96**	**1.51 bis 2.79**	**4.89 bis 7.14**	**7.45 bis 9.27**	**1.89 bis 2.82**	**2.29 bis 3.09**	**22.2 bis 32.1**	**27.7 bis 39.4**	**1.02 bis 1.48**	**2.24 bis 3.49**

das japanische, sonst sind die beiden Rassen einander sehr ähnlich: etwa 1.2 m hoch und 330 kg schwer. Die Milchergiebigkeit ist ausserordentlich gering, etwa 120 l im ganzen Jahr. Die Laktationsperiode dauert gewöhnlich drei Monate und ist überhaupt in Ostasien sehr kurz.

Von Deutsch-Ostafrika erhielt ich 6 Milchproben; 4 entstammen der eingeborenen Rasse, die beiden andern einem Kreuzungsprodukt der Urrasse mit einem importierten holländischen Bullen (40/41). No. 43—46 sind 6—8 jährig und kalbten vor 2—4 Monaten. Die hauptsächliche Ernährung besteht in täglichem Weidegang mit 0.5—1 kg Kokosnusskuchen.

Die Milch dieser ausländischen Viehrassen musste für meine Zwecke ein ausgezeichnetes Vergleichsobjekt abgeben, zumal sich darunter auch Tiere befanden, die als Kreuzungsprodukte die ersten allerdings sehr verschiedenen Anfänge einer Hochzucht darstellen. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dass die ursprünglich beabsichtigte Unterscheidung von hochgezüchteten und weniger hochgezüchteten Rassen bei den einheimischen Tieren fallen gelassen wurde, weil die Milchzusammensetzung in dieser Richtung keine durchgreifenden Unterschiede ergab. Ich selle daher bei den nachfolgenden Erörterungen die einheimischen Tiere als „Kulturrassen“ den auswärtigen als „Urrassen“ gegenüber.

Die prozentischen Schwankungen und Mittelwerte sind folgende:

Fett	N	Asche	Kalk	Phosphorsäure
0.70—5.89	0.33—0.65	0.46—0.80	0.150—0.204	0.153—0.296
3.60	0.57	0.70	0.178	0.225

Ein Vergleich vorstehender Zahlen mit den entsprechenden der Kulturrassen lehrt, dass weder hinsichtlich der beobachteten Schwankungen, noch bezüglich der Durchschnittswerte wesentliche Unterschiede bestehen. Eine Ausnahme macht nur der ausserordentlich niedrige Fettgehalt der Milch aus Korea, während Stickstoff- und Aschengehalt normal sind und der sich aus der ziemlich niedrigen Trockensubstanzzahl nach Abzug von Fett, Asche und Stickstoff $\times$ 6.25 ergebende Gehalt an Milchzucker mit 5.75 % recht hoch ausfällt. Worauf dies zurückzuführen ist, ob es etwa mit der eigenartigen Gewinnungsweise zusammenhängt, lässt sich natürlich nicht entscheiden. Jedenfalls wird man aber gut tun, die konstatierte Tatsache im Auge zu behalten.

Um bei der Erörterung von Einzelheiten einen besseren Überblick gewinnen zu können, habe ich in nachstehender Tabelle lediglich die für Kalk und Phosphorsäure berechneten Zahlen in ihren Durchschnittswerten zusammengestellt.

(Siehe die Tabelle auf S. 356.)

Betrachten wir zunächst die betreffenden Zahlen für die natürliche Milch, so liegt der Kalkgehalt gerade bei den hochgezüchteten Simmentaler und Ostfriesen recht hoch, während sich allerdings auch unter den Urrassen ähnliche Werte finden. Die Milch aus Korea marschiert sogar an der Spitze, was indessen in noch höherem Grade von ihrem Phosphorsäuregehalte gilt, so dass das Verhältnis beider Bestandteile ein ziemlich weites ist. Von einem spezifischen Kalkreichtum kann daher bei ihr nicht die Rede sein. Ähnlich liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Kreuzungsprodukte in Rumänien und Ost-Afrika; in beiden Fällen ist im Vergleich zum dortigen einheimischen Vieh ein deutliches Sinken des Kalkgehaltes der Milch zu verzeichnen, und dies wäre im Sinne der zur Besprechung stehenden Hypothese zu deuten, wenn die Phosphorsäure nicht ebenfalls in gleicher Richtung und sogar noch in etwas stärkerem Maſse Veränderungen erlitte. Völlig aus dem Rahmen heraus fällt die Büffelmilch, bei der ein niedriger Kalkgehalt mit einem ungewöhnlich niedrigen Phosphorsäuregehalte Hand in Hand geht, was natürlich ein besonders enges Verhältnis beider Bestandteile zur Folge haben muss. Das wäre aber noch der einzige Punkt, der für eine besondere Stellung der Urrassen in fraglicher Richtung sprechen würde. Sonst schwanken die Zahlen hin und her, ohne dass daraus irgend eine Gesetzmässigkeit abgeleitet werden könnte.

Nun liesse sich aber der Einwand machen, dass die natürliche Milch infolge ihres sehr wechselnden Wasser- und Nährstoffgehaltes keinen richtigen Maſsstab zur Entscheidung der behandelten Frage zu liefern vermöchte. Dies hat mich besonders veranlasst, die betreffenden Umrechnungen auf Trockensubstanz, fettfreie Trockensubstanz und Asche vorzunehmen, und tatsächlich ändert sich auch das Bild in gewisser Hinsicht.

Die Trockensubstanz, die füglich als Summe der Nährstoffe ausgesprochen werden kann, ist bei den Urrassen im allgemeinen grossen und ganzen etwas kalk- und phosphorsäurereicher, zumal

Durchschnittszahlen für Kalk und Phosphorsäure.

Rasse:	In der natürlichen Milch:		In der Trockensubstanz:		In der fettfreien Trockensubstanz:		In der Asche:		Verhältnis von $CaO = 1$:	
	CaO %	P_2O_5 %	CaO %	P_2O_5 %	CaO %	P_2O_5 %	CaO %	P_2O_5 %	P_2O_5	N
a) Kulturrassen.										
Schlesisches Rotvieh	0.152	0.216	1.14	1.61	1.74	2.46	21.6	30.7	1.42	3.81
Rotbraune Ostfriese	0.193	0.222	1.37	1.57	2.27	2.61	22.8	26.3	1.15	3.51
Scheinfelder	0.152	0.212	1.17	1.63	1.80	2.51	21.7	30.2	1.39	3.41
Voigtländer	0.162	0.209	1.32	1.67	1.99	2.52	21.2	26.8	1.26	3.30
Simmentaler	0.196	0.238	1.41	1.71	2.12	2.56	25.1	30.5	1.21	3.19
Schwarzbunte Ostfriese	0.193	0.247	1.60	2.95	2.19	2.81	24.5	31.6	1.28	3.13
Holländer	0.166	0.236	1.29	1.85	1.95	2.78	22.6	32.0	1.42	3.28
Wilstermarsch	0.155	0.200	1.26	1.62	1.83	2.36	22.2	28.7	1.29	3.38
Schwyzer	0.164	0.214	1.32	1.76	1.95	2.58	22.1	29.6	1.34	3.34
Ostpreussische Holländer	0.154	0.188	1.39	1.69	1.94	2.36	21.6	26.3	1.21	2.92
b) Urrassen.										
Rumänier Kreuzung	0.165	0.189	1.37	1.57	2.06	2.29	24.5	28.0	1.15	2.44
Rumänien	0.192	0.246	1.55	1.97	2.06	2.64	25.0	33.3	1.28	2.92
Ceyloner	0.171	0.200	1.28	1.52	2.07	2.42	26.0	30.7	1.18	2.93
Koreaner	0.201	0.280	1.92	2.67	2.07	2.88	27.4	38.2	1.39	2.54
Afrikaner Kreuzung	0.159	0.198	1.34	1.67	1.95	2.44	22.4	28.0	1.26	2.69
Afrikaner	0.185	0.239	1.47	1.88	2.20	2.83	26.1	33.6	1.30	3.03
Büffel	0.150	0.153	1.55	1.58	2.82	2.88	32.1	32.8	1.02	2.24

wenn man berücksichtigt, dass die schwarzbunte Ostfriese aus dem weiter oben angegebenen Grunde keine für einen Vergleich ganz einwandfreie Zahlen zu liefern vermocht hat. Diese Unterschiede fangen bei der Berechnung auf fettfreie Trockensubstanz an, sich wieder etwas zu verwischen, wenn man bei den an und für sich geringen Abweichungen einen solch feinen Maßstab überhaupt anlegen darf, während die Asche der Urrassen, wieder im allgemeinen Durchschnitt, deutlich kalk- und phosphorsäurereicher ist. Man könnte also sagen, dass das Verhältnis von Kalk und Phosphorsäure zu den organischen Nährstoffen der Milch bei den Urrassen ein etwas günstigeres ist, weil sich die Milchasche reicher an den genannten beiden Mineralbestandteilen erweist. Die als Kulturrassen bezeichneten einheimischen Tiere gestatten auch in vorstehender Richtung keine bestimmte Klassifikation. Man könnte höchstens wieder konstatieren, dass die hochgezüchteten Ostfriesen und Simmentaler eine kalkreichere Milchasche geliefert haben.

Die Hauptsache für vorliegenden Zweck bleibt das Verhältnis von Kalk : Phosphorsäure; je weiter dasselbe ist, desto mehr wird ein spezifisches Kalkbedürfnis als bewiesen zu gelten haben. Die zu dieser Untersuchung herangezogenen Rassen ordnen sich in fraglicher Beziehung wie folgt:

Schlesisches Rotvieh	1 : 1.42	Rumänier	1 : 1.28
Holländer	1 : 1.42	Voigtländer	1 : 1.26
Scheinfelder	1 : 1.39	Afrikaner Kreuzung	1 : 1.26
Koreaner	1 : 1.39	Simmentaler	1 : 1.21
Schwyzer	1 : 1.34	Ostpreussische Holländer	1 : 1.21
Afrikaner	1 : 1.30	Ceyloner	1 : 1.18
Wilstermarsch	1 : 1.29	Rotbraune Ostfriese	1 : 1.15
Schwarzbunte Ostfriese	1 : 1.28	Rumänier Kreuzung	1 : 1.15
		Büffel	1 : 1.02

Die verschiedenen Rassen reihen sich somit im bunten Wechsel aneinander, und es liegt daher auf der Hand, dass die Milch der hochgezüchteten Tiere keineswegs durch eine spezifische Kalkarmut gekennzeichnet ist. Die beobachteten Schwankungen bewegen sich nicht in einheitlicher Richtung und es sind daher andere Momente als die Hochzucht dafür verantwortlich zu machen.

Das Knochenskelett des Rindes ist umgekehrt wie die Milch ärmer an Phosphorsäure als an Kalk. Das Verhältnis stellt sich etwa wie 1 : 0.76. Diese bekannte Tatsache lässt aber

vorliegende Untersuchung unberührt, und ich erwähne sie nur um mich keiner Unterlassungssünde schuldig zu machen.

Endlich sei in bezug auf das Verhältnis von Kalk : Stickstoff hervorgehoben, dass hier die Kulturrassen fast ohne Ausnahme ein Übergewicht des Stickstoffs zu erkennen geben. Die Sachlage ist eine ähnliche, wie sie bereits hinsichtlich der organischen Nährstoffe in Summa konstatiert wurde. Zur Not liesse sich hieraus die Schlussfolgerung ableiten, dass die Urrassen im Verhältnis zu dem ihnen in der Milch gebotenen Bildungsmaterial für Fleisch und Fett etwas besser mit den beiden wichtigsten Mineralstoffen: Kalk und Phosphorsäure versorgt werden, und dass daher bei ihnen ein Kalkmangel weniger leicht in die Erscheinung treten könnte, während die Phosphorsäure in noch stärkerem Grade als bei dem Versuche von Soxhlet ungenutzt zur Ausscheidung gelangen müsste. Eine sichere Entscheidung über die Zulässigkeit einer derartigen Argumentation wird man aber nur an der Hand genauer Stoffwechselversuche mit Kälbern einer Urrasse, zu deren Ausführung ich vielleicht in meinem Vaterlande Gelegenheit finden werde, treffen können.

Vorliegende Arbeit ist auf Veranlassung und mit gütiger Unterstützung von Herrn Professor Pfeiffer ausgeführt worden, dem ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage. Es sei mir auch gestattet, hier Herrn Professor Holdefleiss und Herrn Dr. Ehrenberg in Breslau, Herrn Dr. Vasiliu in Jassy (Rumänien), Herrn Professor Honda in Suigen (Korea), Herrn Dr. Hittcher in Kleinhof-Tapiau (Ostpreussen), Herrn Marinestabsarzt Dr. Eckstein in Dar-es-Salaam (Deutsch-Ostafrika) und Herrn Tachibana in Colombo (Ceylon) meinen Dank auszusprechen für die Überlassung der Milchproben, sowie für die umfassenden Auskünfte.

Vergleichender Fütterungsversuch mit Schweinen über gewöhnliche gedämpfte Kartoffeln und Trockenkartoffeln.

Von

Prof. Dr. M. SCHMOEGER-Danzig.

Bei dem grossen Interesse, das gegenwärtig die Kartoffeltrocknung für die Landwirtschaft in Anspruch nimmt, ist die Beantwortung der Frage nach dem Futterwert der Trockenkartoffeln im Vergleich zu den rohen oder nur gekochten (gedämpften) Kartoffeln von grösster Wichtigkeit. Der nachstehend beschriebene, von der Versuchsstation Danzig im Jahre 1907 auf der Königlichen Domäne Grünfelde, Kreis Stuhm, ausgeführte Versuch soll einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage liefern.

Es wurden 3 Gruppen Schweine gleichmässig gefüttert, nur mit dem Unterschied, dass in einer Gruppe neben dem überall gleichen Beifutter gedämpfte Kartoffeln, in einer zweiten Gruppe getrocknete Kartoffelschnitzel und in einer dritten Gruppe getrocknete Kartoffelflocken gegeben wurden. Die Nährstoffmengen bei den verschiedenen Gruppen waren tunlichst gleich.

Es wurden (zunächst) 3mal 2 Buchten à 4 Schweine zusammengestellt; 2 Buchten à 4 Schweine bildeten immer eine der genannten drei Gruppen. Bucht I und VI erhielt Flockenkartoffeln, Bucht II und III in kaltem Wasser geweichte Schnitzel und Bucht IV und V gedämpfte Kartoffeln. Eine weitere, etwas später zusammengestellte Bucht VII (siehe unten) erhielt gedämpfte Schnitzel. Der Versuch wurde also im ganzen mit 28 Schweinen durchgeführt. Dieselben gehörten der veredelten Landrasse an, sie waren vom Pächter Herrn SUHR selbst

gezogen, zu Beginn des Versuches ca. 5 Monate alt und im Durchschnitt knapp 50 kg schwer. Der Versuch begann Ende Januar. Während der ganzen Dauer desselben — Ende Januar bis Ende Juni — wohnte ein Angestellter der Versuchsstation (während der Kampagne Verwieger in einer Zuckerfabrik) in Grünfelde, der die tägliche Abwiegung und Vorbereitung des Futters, sowie die Fütterung und Wägung der Schweine selbst vornahm und über alles genau Buch führte. Der Referent kontrollierte den Versuch etwa alle 14 Tage persönlich und ausserdem hatte Herr Suhr ein wachsames Auge auf den Versuch.

Die Buchten befanden sich in dem grossen allgemeinen Schweinestall zu Grünfelde; sie waren reichlich gross für die 4 Schweine. Der Fussboden des Stalles war zementiert, die Futtertröge aus glasiertem Ton. Neben dem eigentlichen Futtertrog war noch in jeder Bucht ein Trog für Tränkwasser, aus dem die Schweine beliebig saufen konnten.

Die Schweine wurden täglich 3mal: vormittags um $^1/_2$6 und 11 Uhr und nachmittags um 6 Uhr gefüttert. Jede Mahlzeit wurde für jede Bucht besonders abgewogen (und in gezeichneten Säckchen aufbewahrt). Die „geweichten" Schnitzel wurden 6—12 Stunden (von Mahlzeit zu Mahlzeit), Flocken und gedämpfte Kartoffeln unmittelbar vor jeder Mahlzeit mit kaltem Wasser angemengt. Für Bucht VII wurde die in einem grossen Eimer befindliche, angefeuchtete ganze Tagesration Schnitzel morgens durch Einleitung von Dampf gedämpft. Hierzu wurde pro Tag und Bucht Wasser gebraucht: etwa 12 l bei den Flocken, 9 l bei den geweichten Schnitzeln, 12 l (inkl. Kondenswasser) bei den gedämpften Schnitzeln und 6 l bei den gedämpften Kartoffeln. Vor dem Einschütten der Ration in den Futtertrog wurde immer erst in einem Eimer das ganze Futter, inkl. Magermilch, ordentlich durchgerührt.

Die Futterration bestand aus Kartoffeln, Erbsschrot, Fischmehl und Magermilch (statt der letzteren während etwa 14 Tagen Molke); aus diätetischen Gründen wurde etwas Kochsalz und Weizenspreu zugegeben.

Die verwendeten rohen Kartoffeln waren ziemlich trockensubstanz- resp. stärkereich (cfr. die Tabelle S. 362 u. 363); sie wurden, gemäss der in Grünfelde gebräuchlichen Fütterungsweise, ungewaschen, so wie sie aus dem Keller kommen, immer für

zwei bis drei Tage gedämpft und unzerkleinert gefüttert. Es kamen im Verlauf des Versuches zwei Sorten zum Verbrauch.[1])

[1]) Um festzustellen, welche Gewichtsveränderungen usw. mit den Kartoffeln beim Dämpfen vor sich gehen, haben wir wiederholt in Proben von Kartoffeln vor und nach dem Dämpfen die Trockensubstanz bestimmt. Im Durchschnitt von 5 Versuchen waren die gedämpften Kartoffeln um 0.5 % an sandfreier Trockensubstanz reicher als die rohen Kartoffeln; die letzteren verloren also im Durchschnitt beim Dämpfen Wasser. Allerdings lag nicht bei allen Versuchen das Resultat nach dieser Richtung; wahrscheinlich beruhte dies auf der Schwierigkeit einer richtigen Probenahme.

Um nach dieser Richtung ein sicheres Urteil zu erhalten, dämpften wir zweimal genau je 50 kg in einem Fass befindliche, rohe Kartoffeln in der gewöhnlichen Weise durch Einleiten von Dampf und wogen dann die Kartoffeln wieder. Bei Versuch I wogen die 50 kg Kartoffeln nach dem Dämpfen 48 kg, dabei wurden erhalten 14 l Kondensationswasser mit 1.4 % Abdampfrückstand im etwa klar abgesetzten Wasser. Bei Versuch II wogen die 50 kg rohen Kartoffeln nach dem Dämpfen 46 kg; gemessen wurden 9 l Kondensationswasser mit 0.8 % Abdampfrückstand. Beide Kondenswasser und bei dem letzteren Versuch auch die Kartoffeln wurden weiter untersucht und zwar mit folgendem Resultat.

	Versuch I: Kondensationswasser	Versuch II: Kondensationswasser
Spezifisches Gewicht bei 15 ° C.	1.005	1.0025
Abdampfrückstand	1.39 %	0.80 %
Glührückstand	0.41 „	0.26 „
Stickstoff	0.043 „	0.025 „
= Protein	0.27 „	0.16 „

Versuch II:

	Rohe Kartoffeln	Gedämpfte Kartoffeln
Wasser	74.94 %	73.58 %
Protein	2.17 „	2.27 „
Fett	0.06 „	0.06 „
Reinasche	1.31 „	1.29 „
Sand	1.22 „	0.89 „
N-freie Extraktstoffe	20.30 „	21.91 „

Nach Versuch II ergibt sich über den Verbleib der Trockensubstanz der Kartoffeln beim Dämpfen:

50 kg rohe Kartoffeln enthielten	12.5 kg	Trockensubstanz
46 „ gedämpfte Kartoffeln enthielten	12.1 „	„
9 l Kondenswasser enthielten	0.1 „	„
als Sand werden verloren gegangen sein	0.3 „	„

Der Verlust an organischer Trockensubstanz beim Dämpfen ist also gering und zu vernachlässigen. Wohl aber verloren die Kartoffeln durch Wasserabgabe beim Dämpfen mehrere Prozente an Gewicht, und 1 Ztr. gedämpfte Kartoffeln enthält also nicht unwesentlich (wohl reichlich 1 %) mehr organische Trockensubstanz als die rohen Kartoffeln.

Gehalt der Futtermittel an Rohnährstoffen.

	Trocken-substanz %	N-haltige Stoffe %	Fett %	N-freie Extrakt-stoffe %	Rohfaser %	Reinasche %	Sand %	Bemerkungen:
Gedämpfte Kartoffeln I .	26.9	2.45	0.03	21.37	0.77	1.06	1.22	Ausserdem bestimmt: 1.22 % Reineiweiss, 20.2 % Stärke. Es war 5 mal Probe genommen worden; der Gehalt an sandfreier Trockensubstanz schwankte bei diesen Proben zwischen 24.1 und 26.1 %.
„ „ II .	26.0	2.07	0.06	19.98	0.78	1.39	1.74	Es war 2 mal Probe genommen worden; der Gehalt an sandfreier Trockensubstanz schwankte zwischen 23.5 und 24.0 %.
Gesäuerte Kartoffeln und Rübenblätter . . .	46.1	2.20	0.16	28.38	0.81	2.04	12.51	Es war 2 mal Probe genommen worden; als Gehalt an sandfreier Trockensubstanz wurde gefunden 31.3—33.0 %. — Zu den nebenstehenden drei Kartoffelanalysen dienten Proben, die aus den Einzelproben gemischt waren.
Getr. Kartoffelschnitzel I	76.9	5.82	0.05	65.46	2.00	3.29	0.28	Ausserdem bestimmt: 3.18 % Reineiweiss und 58.3 % Stärke. Es war 3 mal Probe genommen worden; der Gehalt der Trockensubstanz schwankte zwischen 76.5 und 77.4 %.
„ „ II	82.2	6.12	0.15	70.07	1.96	3.76	0.14	Es war 4 mal Probe genommen worden; der Gehalt an Trockensubstanz schwankte zwischen 80.8 und 82.9 %.

„ „ III	84.1	6.14	0.16	71.47	2.28	3.63	0.15	Es war 2 mal Probe genommen worden; der Gehalt an Trockensubstanz schwankte zwischen 83.7 und 84.4 %.
Getr. Kartoffelflocken I .	83.2	5.73	0.23	71.86	2.24	2.71	0.25	Ausserdem bestimmt: 2.94 % Reineiweiss und 67.9 % Stärke. Es war 6 mal Probe genommen worden; der Gehalt an Trockensubstanz schwankte zwischen 82.4 und 83.9 %.
„ „ II .	81.4	8.06	1.40	64.91	2.70	4.02	0.31	Enthielt Rübkuchen und wurde nur einige Tage gefüttert.
„ „ III .	86.7	6.46	0.22	72.64	3.25	3.90	0.23	Es war 2 mal Probe genommen worden; der Gehalt an Trockensubstanz schwankte zwischen 86.6 und 86.7 %.
Erbsenschrot I	82.2	24.48	1.18	48.98	4.83	2.70	0.03	
„ II	82.9	22.11	1.26	50.74	6.22	2.47	0.10	
Fischmehl I	92.5	64.26	0.59	—	—	23.89		
„ II	85.3	54.75	4.01	—	—	25.46		
Magermilch	9.0	3.8	0.2	4.7	—	—		Es wurden hier die Zahlen aus dem Kalender von Mentzel und Lengerke eingesetzt, die für unsere Verhältnisse reichlich hoch gegriffen sind.
Molke aus Magermilch . .	7.0	0.9	0.2	4.9	—	—		

Die Schnitzelkartoffeln waren geliefert von Herrn v. BUDDENBROCK in Kl. Ottlau, Kreis Marienwerder, und getrocknet mittelst des Apparates v. SCHÜTZ (also mit direkten Feuergasen). Es kamen drei Sendungen zur Verwendung. Die erste hatte noch ca. 23 % Wasser (cfr. die Tabelle), hielt sich aber bei der niedrigen Temperatur im Februar und März. Der Rest fing Ende März an dumpfig zu werden und wurde dann beseitigt.

Die Flockenkartoffeln, hergestellt nach PAUKSCH, stammten von der Gutsverwaltung Meischlitz, Kreis Neidenburg, Ostpr. Es kamen drei Sendungen zur Verwendung, von der zweiten wurde nur wenige Tage gefüttert, da (wie sich herausstellte) dieselbe Rübkuchenmehl enthaltend geliefert worden war.

In der Tabelle S. 362 u. 363 sind die von uns bei der Untersuchung der Futtermittel erhaltenen analytischen Zahlen zusammengestellt.

Bei Einlieferung der Futtermittel wurde je eine Durchschnittsprobe genommen, davon eine Analyse angefertigt und diese der Berechnung der Futterration zugrunde gelegt. Ausserdem wurde von den gedämpften und Trockenkartoffeln alle 2 bis 4 Wochen Proben in verschlossenen Blechbüchsen zur Bestimmung der Trockensubstanz (bei den gedämpften Kartoffeln der sandfreien Trockensubstanz) nach der Versuchsstation gebracht. Vorstehende Analysen sind auf die sich ergebende durchschnittliche Trockensubstanz berechnet.

Als Verdauungskoeffizienten wurden die nachstehenden Zahlen benutzt.

Benutzte Verdauungskoeffizienten.

	Protein	Fett	N-freie Extraktstoffe	Rohfaser	
Gedämpfte Kartoffeln	10	—	90	50	
Gesäuerte Kartoffeln + Rübenblätter .	25	—	90	50	
Getrocknete Kartoffelschnitzel	10	—	90	50	
„ Kartoffelflocken	10	—	90	50	
(„ „ II . . .	25	75	90	50	cfr. oben)
Erbsenschrot	75	49	96	70	
Fischmehl	83	76	—	—	
Magermilch und Molke	100	100	100	—	

Die vorstehenden Verdauungskoeffizienten für Protein geben immer an, wieviel Prozent verdauliches Reineiweiss in dem gefundenen Rohprotein bei unserer Futterberechnung angenommen wurden. Entsprechend den Angaben KELLNERS in seinem Handbuch für Fütterungslehre, dass auch vom Reineiweiss der Kartoffeln nur wenig verdaut wird, und in Ermangelung anderer Unterlagen, wurde bei den Kartoffeln durchweg nur 10 % des Rohproteins als verdauliches Reineiweiss angenommen; bei den in der Nachfütterung benutzten gesäuerten Kartoffeln + Rübenblätter wurden 25 % geschätzt. Die übrigen Koeffizienten sind berechnet aus KELLNERS Futtermitteltabelle im Landw. Kalender von MENTZEL und LENGERKE.

Für den durchschnittlichen prozentischen Gehalt unserer Futterstoffe an verdaulichen Nährstoffen berechnen sich demgemäss folgende Zahlen.

Gehalt der Futtermittel an verdaulichen Nährstoffen.

	Protein %	Fett %	N-freie Extraktstoffe %	Rohfaser %	
Gedämpfte Kartoffeln I	0.2	—	19.2	0.4	
„ „ II	0.2	—	18.0	0.4	
Gesäuerte Kartoffeln + Rübenblätter	0.5	—	25.5	0.4	
Getrocknete Kartoffelschnitzel I	0.6	—	58.9	1.0	
„ „ II	0.6	—	63.1	1.0	
„ „ III	0.6	—	64.3	1.1	
„ Kartoffelflocken I	0.6	—	64.7	1.1	
„ „ II	2.0	1.0	58.4	1.4	(cfr. oben)
„ „ III	0.6	—	65.4	1.6	
Erbsenschrot I	18.4	0.6	47.0	3.4	
„ II	16.6	0.6	48.7	4.4	
Fischmehl I	53.3	0.5	—	—	
„ II	45.5	3.0	—	—	
Magermilch	3.8	0.2	4.7	—	
Molke	0.9	0.2	4.9	—	

Das Futter der Schweine vor dem Versuch bestand aus gedämpften Kartoffeln, Fischmehl, Maisfutter (Homco) und Magermilch. Mit der Versuchsration wurde ohne Übergang am 1. Februar begonnen; nur das Maisfutter wurde allmählich durch Erbsenschrot ersetzt. Das neue Futter wurde gierig aufge-

nommen, aber bei sämtlichen Schnitzelschweinen — und zwar nur bei diesen — trat alsbald starke Verstopfung ein, so dass ihnen zunächst die Schnitzel wieder teilweise entzogen werden und durch Klystiere und Abführmittel erst Luft geschafft werden musste; im Kot waren noch ganze Klümpchen unverdauter Schnitzel vorhanden.

Nach etwa 8 Tagen, etwa vom 15. Februar an, waren die Schweine indes wieder vollständig hergestellt und frassen dann während des ganzen Versuches (der vom 21. Februar an gerechnet wurde) ohne irgend welchen augenfälligen Nachteil die ihnen gereichte Schnitzelration. Die eingetretene Verstopfung war offenbar nur durch unsere unvermittelte Änderung der Ration hervorgerufen und ist unseres Erachtens aus derselben nichts Ungünstiges für die Schnitzelfütterung zu schliessen. Die Schnitzel wurden bei diesen zwei Buchten — wie bereits angeführt — von einer Mahlzeit zur anderen mit kaltem Wasser eingeweicht. Wir stellten nun aber am 11. Februar noch eine weitere Bucht (VII) von vier Schweinen zusammen, die ebenfalls Schnitzel erhielten. Diese Schnitzel wurden aber vorher durch Einleitung von Dampf gedämpft (siehe oben). Für diese Bucht standen uns indes nur etwa 1 Monat ältere, ca. 15 kg schwerere Schweine zur Verfügung; sie erhielten infolgedessen auch entsprechend ($^1/_4$, später, vom 14. April an, $^1/_5$) mehr Futter.

Bei der Berechnung der Tagesrationen wurden die KELLNERschen Normen zugrunde gelegt. Diese Futtermengen wurden aber im Verlauf des Versuches von den Tieren nicht vollständig aufgenommen, es musste infolgedessen je nach Bedürfnis $^1/_4$ oder $^1/_{10}$ usw. der Gesamt-Ration gekürzt werden. Es geschah dies dann immer bei sämtlichen Buchten gleichzeitig und gleichmässig; auf diese Weise wurde es erreicht, dass bei den beiden Buchten mit gedämpften Kartoffeln überhaupt keine Futterreste zu bestimmen waren und bei den anderen Buchten — während der eigentlichen Versuchszeit — nur solche in nicht bedeutender Menge.[1])

[1]) Diese Futterreste wurden indes bei der schliesslichen Berechnung des verzehrten Futters berücksichtigt. Es war zu diesem Zwecke ihr Gewicht festgestellt worden, und es wurde angenommen, dass ihre Zusammensetzung der fertig gemischten Ration entsprach und demgemäss von derselben das Gewicht der Futterreste in Abrechnung gebracht. Diese Annahme wird ja keineswegs ganz zutreffend gewesen sein; es waren indes hiernach für die

Zunächst wurde die Futterration (mit Rücksicht auf die Bekömmlichkeit) nur sehr mässig bemessen, pro 1000 kg Lebendgewicht: 30.0 kg Trockensubstanz, 3.8 kg verdauliches Eiweiss, 20.0 kg verdauliche N-freie Stoffe; Nährstoffverhältnis 1 : 5.3. Dieser Vorschrift entsprachen (annähernd) pro Tag und Schwein à 45 kg:

3.00 kg Kartoffeln gedämpft I, resp. 1.058 kg Schnitzel I, resp. 0.990 kg Flocken I,
0.42 „ Erbsen I,
0.09 „ Fischmehl I,
1.03 „ Magermilch.

Diese Ration wurde von den Schnitzelschweinen (geweicht) etwa vom 15. Februar an, von allen anderen Schweinen sofort ohne Beschwerden und ohne Rückstand aufgenommen. Der Beginn des eigentlichen Versuches wurde mit Rücksicht auf die anfängliche Erkrankung der Schnitzelschweine, wie bereits angeführt, erst vom 21. Februar an gerechnet.

Vom 27. Februar an sollte eine Ration gereicht werden, die etwa der Kellnerschen Norm entsprach: pro 1000 kg Lebendgewicht 39.5 kg Trockensubstanz, 4.4 kg verdauliches Eiweiss, 26.4 kg verdauliche N-freie Substanz; Nährstoffverhältnis 1 : 6.0.

Dieser Vorschrift entsprach pro Tag und Kopf à 56 kg:

5.23 kg gedämpfte Kartoffeln I, resp. 1.75 kg Schnitzel I, resp. 1.61 kg Flocken I,
0.68 „ Erbsschrot I,
0.09 „ Fischmehl I,
1.85 „ Magermilch.

Es blieben aber alsbald solche Futterreste, dass zunächst $^1/_4$, später $^1/_{10}$ usw. bei sämtlichen Buchten von der Tagesration abgebrochen werden musste. Erst am 6. April (als die Schweine reichlich 75 kg wogen) konnte obige Ration pro Kopf voll gegeben werden.

---

ganze Versuchsdauer von 105 Tagen nur folgende unbedeutende Mengen abzuziehen: bei den Buchten mit Flockenkartoffeln Bucht I im ganzen ca. $^3/_4$ Tagesration ($^2/_6$ entstanden dadurch, dass der Bucht einmal eine Mahlzeit vollständig entzogen wurde); Bucht VI: nichts. Bei geweichten Schnitzeln Bucht II: ca. $^3/_4$ Tagesration; Bucht III: nichts. Bei Bucht VII, mit gedämpften Schnitzeln, ca. $^1/_2$ Tagesration und endlich bei den beiden Buchten IV und V, mit gedämpften Kartoffeln, wie bereits gesagt, gar nichts. Wären die vorstehend berechneten Futterreste ganz ausser Berücksichtigung geblieben, so würde selbst dadurch das Endresultat des Versuches nicht merklich beeinflusst worden sein.

Vom 14. April an bis 7. Juni, dem Schluss des eigentlichen Versuches, war als Norm pro 1000 kg Lebendgewicht aufgestellt: 31.1 kg Trockensubstanz, 3.04 kg verdauliches Eiweiss, 21.2 kg verdauliche N-freie Substanz. Nährstoffverhältnis 1 : 7.0, und dem entsprechen pro Kopf à 75 kg und Tag:

6.00 kg gedämpfte Kartoffeln I, resp. 1.91 kg Schnitzel II, resp. 1.84 kg Flocken I,
0.60 „ Erbsen I,
0.09 „ Fischmehl II,
1.55 „ Magermilch.

Es musste aber bald $^1/_{10}$ von dieser Tagesration abgezogen werden und selbst noch gegen Schluss des Versuches — bei einem Gewicht der Tiere von reichlich 100 kg — musste von obiger pro Kopf gegebener Ration $^1/_{20}$ abgebrochen werden.

Die Ration für Bucht VII mit gedämpften Schnitzeln entsprach ebenfalls ganz den vorstehenden Rationen, nur wurde die Ration pro Kopf, entsprechend dem grösseren Lebendgewicht der Schweine, um $^1/_4$, später, vom 14. April an, um $^1/_5$ erhöht.

Im nachstehenden ist angegeben, was die Buchten à 4 Schweine während des eigentlichen Versuches in 105 Tagen, vom 21. Februar bis 6. Juni (der erste und letzte mittlere Wägungstag [cfr. S. 371]) tatsächlich gefressen haben.

Bucht IV sowohl wie Bucht V, gedämpfte Kartoffeln.

Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt (also Mittel aus Anfangs- und Endgewicht): 336.0 kg.

	Trockensubstanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Verdaulich: Fett kg	Verdaulich: N-fr. + Rohfaser kg
1342.8 kg Kartoffeln I	361.2	2.69	—	263.19
851.4 „ „ II	221.3	1.70	—	156.65
154.8 „ Erbsen I	127.2	28.48	0.93	78.02
94.1 „ „ II	78.1	15.62	0.56	49.99
5.9 „ Fischmehl I	5.5	3.14	0.08	—
31.5 „ „ II	26.9	14.33	0.95	—
550.0 „ Magermilch	49.4	20.89	1.10	25.84
101.0 „ Molke	7.1	0.91	0.20	4.95
	876.7	87.76	3.77	578.64

Bucht I, Flocken.

Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt: 340.0 kg.

	Trocken-substanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Fett kg	N-fr. + Rohfaser kg
533.6 kg Flocken I	444.0	3.20	—	351.11
42.4 „ „ II	34.5	0.85	0.42	25.27
66.4 „ „ III	57.5	0.40	—	44.46
153.5 „ Erbsen I	126.2	28.24	0.92	77.36
94.1 „ „ II	78.1	15.62	0.56	49.99
6.5 „ Fischmehl I	6.0	3.46	0.03	—
33.5 „ „ II	28.6	15.24	1.01	—
547.0 „ Magermilch	49.2	20.77	1.10	25.70
101.0 „ Molke	7.1	0.91	0.20	4.95
	831.2	88.69	4.24	578.84

Bucht VI, Flocken.

Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt: 339.6 kg.

	Trocken-substanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Fett kg	N-fr. + Rohfaser kg
537.4 kg Flocken I	447.1	3.22	—	353.61
42.4 „ „ II	34.5	0.85	0.42	25.36
66.4 „ „ III	57.5	0.40	—	44.46
154.8 „ Erbsen I	127.2	28.48	0.93	78.02
94.1 „ „ II	78.1	15.62	0.56	49.99
6.5 „ Fischmehl I	6.0	3.46	0.03	—
33.7 „ „ II	28.8	15.34	1.01	—
550.0 „ Magermilch	49.4	20.89	1.10	25.84
101.0 „ Molke	7.1	0.91	0.20	4.95
	835.7	89.17	4.25	582.23

Bucht II, geweichte Schnitzel.

Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt: 304.0 kg.

	Trocken-substanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Fett kg	N-fr. + Rohfaser kg
209.8 kg Schnitzel I	161.3	1.26	—	125.67
371.5 „ „ II	305.4	2.23	—	238.13
91.6 „ „ III	77.0	0.55	—	59.91
154.0 „ Erbsen I	126.6	28.34	0.92	77.62
93.5 „ „ II	77.6	15.52	0.56	49.67
6.5 „ Fischmehl I	6.0	3.46	0.03	—
33.4 „ „ II	28.5	15.20	1.00	—
547.0 „ Magermilch	49.2	20.77	1.10	25.70
101.0 „ Molke	7.1	0.91	0.20	4.95
	838.7	88.24	3.81	581.65

Bucht III, geweichte Schnitzel.

Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt: 322.4 kg.

	Trocken-substanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Fett kg	N-fr. + Rohfaser kg
209.8 kg Schnitzel I	161.3	1.26	—	125.67
378.2 „ „ II	310.9	2.27	—	242.43
91.6 „ „ III	77.0	0.55	—	59.91
154.8 „ Erbsen I	127.2	28.48	0.93	78.02
94.1 „ „ II	78.1	15.62	0.56	49.99
6.5 „ Fischmehl I	6.0	3.46	0.03	—
33.7 „ „ II	28.8	15.84	1.01	—
550.0 „ Magermilch	49.4	20.89	1.10	25.84
101.0 „ Molke	7.1	0.91	0.20	4.95
	845.8	88.78	3.83	586.81

Bucht VII, gedämpfte Schnitzel.

Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt: 413.6 kg.

	Trocken-substanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Fett kg	N-fr. + Rohfaser kg
260.6 kg Schnitzel I	200.4	1.56	—	165.10
453.7 „ „ II	372.9	2.72	—	290.82
109.9 „ „ III	92.4	0.66	—	71.88
190.2 „ Erbsen I	156.3	35.00	1.14	95.86
111.1 „ „ II	92.1	18.44	0.66	58.98
8.0 „ Fischmehl I	7.4	4.26	0.04	—
41.0 „ „ II	35.0	18.66	1.24	—
647.0 „ Magermilch	58.2	24.58	1.30	30.40
115.0 „ Molke	8.1	1.04	0.23	5.64
	1022.8	106.92	4.61	718.68

Nach Schluss der vergleichenden Versuchsperiode (letzter Fütterungstag 7. Juni) wurde noch vom 8.—28. Juni (21 Tage) allen Buchten das gleiche Futter gereicht und zwar mussten hier infolge der gegebenen wirtschaftlichen Verhältnisse, neben Flocken und Schnitzeln, Kartoffeln, roh, mit Rübenblättern zusammen in einer Miete eingesäuert, gefüttert werden. Das von den Buchten I—VI aufgenommene Futter variierte nur ganz unbedeutend von der nachstehend angegebenen Menge; Bucht VII bekam wie vorher $^1/_5$ mehr.

Verzehrtes Futter pro Bucht I—VI (à 4 Schweine) während 21 Tage Nachfütterung. Lebendgewicht pro Bucht im Durchschnitt = 486.0 kg; bei Bucht VII 577.5 kg.

	Trockensubstanz kg	Verdaulich: Eiweiss kg	Fett kg	N-fr. + Rohfaser kg
42.0 kg Flocken III	36.4	0.25	—	28.14
37.0 „ Schnitzel III	31.1	0.22	—	24.19
171.0 „ gesäuerte Kartoffeln + Rübenblätter	78.8	0.86	—	44.29
54.0 „ Erbsen II	44.7	8.96	0.33	28.65
8.2 „ Fischmehl II	7.0	3.73	0.24	—
130.0 „ Magermilch	11.8	4.95	0.26	6.12
	209.8	18.97	0.83	131.39

Gewogen wurden die Schweine in jeder Woche und zwar (mit geringer Abweichung) wie folgt:

In der (jedesmaligen) ersten Woche wurden die Tiere 3mal gewogen; und zwar am 1. und 3. Wägungs-Tage einzeln, und an dem dazwischen liegenden 2. Tage die 4 Schweine jeder Bucht zusammen. In der darauf folgenden 2. Woche wurden die Tiere nur 1mal gewogen und zwar jede Bucht entsprechend dem 2. Tage der vorhergehenden Woche wieder zusammen. In der 3. Woche wurde wieder 3mal gewogen, usw. Der Durchschnitt aus der 3maligen Wägung an den drei aufeinanderfolgenden Tagen ergab das Gewicht der Schweine (pro Bucht) am mittleren Tage. Das Wiegen wurde — da es nicht anders passte — nachmittags zwischen 1 und 2 Uhr vorgenommen. Sämtliche Wägungen der Tiere sind im Anhang in einer Tabelle zusammengestellt.

Im nachstehenden sind die Gewichte der einzelnen Schweine am 21. Februar, also zu Anfang des Versuches; am 6. Juni, also zu Ende des eigentlichen vergleichenden Versuches; und am 27. Juni, also zu Ende der Nachfütterung, angegeben. Ausserdem ist die für die Versuchszeit sich berechnende Lebendgewichtszunahme der einzelnen Schweine aufgeführt.

Geschlecht:	Nummer des Schweines	Lebendgewicht in Kilogramm			Gewichtszunahme in Kilogramm	
		am 21. Februar	am 6. Juni	am 27. Juni	v. 21. Febr. bis 6. Juni = 105 Tage	vom 6. Juni bis 27. Juni = 21 Tage
Bucht IV, gedämpfte Kartoffeln.						
Männlich . . .	13	47.0	97.0	106.2	50.0	9.2
Weiblich . . .	14	44.5	103.5	117.0	59.0	13.5
Weiblich . . .	15	64.5	132.5	147.5	68.0	15.0
Männlich . . .	16	49.0	113.0	128.2	64.0	15.2
Bucht IV zusammen:		203.8[1])	445.3	498.8	241.5	53.5
Bucht V, gedämpfte Kartoffeln.						
Weiblich . . .	17	57.0	113.3	129.3	56.3	16.0
Männlich . . .	18	60.0	122.5	133.2	62.5	10.7
Männlich . . .	19	49.0	111.5	126.3	62.5	14.8
Weiblich . . .	20	57.0	124.3	140.3	67.3	16.0
Bucht V zusammen:		222.7	471.3	529.2	248.6	57.9
Bucht I, Flocken.						
Männlich . . .	1	54.0	110.0	108.0	56.0	?
Weiblich . . .	2	55.0	103.0	118.8	48.0	15.8
Männlich . . .	3	55.5	116.0	130.0	60.5	14.0
Weiblich . . .	4	55.5	129.5	147.7	74.0	18.2
Bucht I zusammen:		220.3	459.3	504.5	239.0	45.2?
Bucht VI, Flocken.						
Männlich . . .	21	51.5	104.0	112.5	52.5	8.5
Weiblich . . .	22	60.5	126.5	144.2	66.0	17.7
Männlich . . .	23	57.0	112.5	125.3	55.5	12.8
Weiblich . . .	24	52.5	113.5	125.0	61.0	11.5
Bucht VI zusammen:		222.8	456.3	507.0	233.5	50.7

[1]) Diese Zahlen stimmen nicht genau mit den Summen der darüberstehenden Einzelgewichte, da die letzteren die Durchschnitte aus nur zwei Wägungen (1. und 3. Wägungstag), die ersteren aber die Durchschnitte aus drei Wägungen (1., 2. und 3. Tag) darstellen (cfr. S. 371).

Geschlecht:	Nummer des Schweines	Lebendgewicht in Kilogramm			Gewichtszunahme in Kilogramm	
		am 21. Februar	am 6. Juni	am 27. Juni	v. 21. Febr. bis 6. Juni = 105 Tage	vom 6. Juni bis 27. Juni = 21 Tage
Bucht II, geweichte Schnitzel.						
Weiblich . . .	5	48.0	99.0	108.8	51.0	9.8
Weiblich . . .	6	44.5	96.5	108.8	52.0	12.3
Männlich . . .	7	52.5	84.0	97.2	31.5	13.2
Männlich . . .	8	59.5	125.0	143.2	65.5	18.2
Bucht II zusammen:		204.5	403.0	458.0	198.5	55.0
Bucht III, geweichte Schnitzel.						
Männlich . . .	9	49.0	100.5	117.2	51.5	16.7
Weiblich . . .	10	53.0	94.8	105.5	41.8	10.7
Männlich . . .	11	53.0	123.0	137.2	70.0	14.2
Männlich . . .	12	59.5	114.0	124.8	54.5	10.8
Bucht III zusammen:		213.2	431.2	484.7	218.0	53.5
Bucht VII, gedämpfte Schnitzel.						
Männlich . . .	13	79.0	155.5	168.3	76.5	12.8
Weiblich . . .	14	67.5	129.0	138.3	61.5	9.3
Männlich . . .	15	70.0	152.0	170.0	82.0	18.0
Männlich . . .	16	60.5	113.8	128.5	53.3	14.7
Bucht VII zusammen:		277.5	549.2	605.2	271.7	56.0

Aus den S. 368ff. gemachten Angaben über die von den einzelnen Buchten während der gesamten Versuchszeit aufgenommenen Nährstoffmengen geht hervor, dass diese bei den Buchten I—VI nicht wesentlich verschieden sind, die Lebendgewichtszunahmen lassen sich hier also unmittelbar miteinander vergleichen; bei Bucht VII (gedämpfte Schnitzel), die wesentlich mehr Futter konsumierte, ist dies natürlich nicht zulässig. Für die ersten 6 Buchten geht also aus den Zahlen vorstehender Tabelle unmittelbar hervor, dass die Schweine mit gedämpften Kartoffeln die günstigste Lebendgewichtszunahme zeigten, dann folgten die Buchten mit Flockenkartoffeln und dann die mit

(Fortsetzung des Textes siehe S. 376.)

Zusammenstellung über das Resultat des Versuches für die einzelnen Buchten.

Art der Fütterung, 21. Februar bis 6. Juni = 105 Tage:	Nummer der Bucht	Aufgenommene Nährstoffmenge pro Tag und Tier:	Durchschnittsgewicht pro Schwein			L.-Gewichtszunahme		Gelderlös	Futterkosten		
			zu Anfang kg	zu Ende kg	im Durchschnitt kg	pro Tag und Schwein kg	pro Bucht in 105 Tagen D.-Ztr.	M.	pro Bucht in 105 Tagen M.	pro D.-Ztr. erzeugtes L.-Gew. tatsächlich M.	pro D.-Ztr. erzeugtes L.-Gew. ohne Berechnung der Trockenkosten bei den Trockenkartoffeln M.
Gedämpfte Kartoffeln	IV	0.209 kg Eiweiss 0.009 „ Fett 1.378 „ N-fr.	51.0	111.3	81.2	0.575	2.42	193.60	129.03	53.42	53.42
Desgleichen	V	Desgleichen	55.7	117.8	86.8	0.592	2.48	198.40	129.03	51.92	51.92
Im Durchschnitt:		0.209 kg Eiweiss 0.009 „ Fett 1.378 „ N-fr.	53.4	114.6	84.0	0.584	2.45	196.00	129.03	52.67	52.67
Flockenkartoffeln	I	0.211 kg Eiweiss 0.010 „ Fett 1.378 „ N-fr.	55.1	114.8	85.0	0.569	2.39	191.20	150.10	62.80	54.05

Desgleichen	VI	0.212 kg Eiweiss 0.010 „ Fett 1.385 „ N-fr.	55.7	114.1	84.9	0.556	2.34	187.20	150.89	64.62	55.34
Im Durchschnitt:		0.212 kg Eiweiss 0.010 „ Fett 1.382 „ N-fr.	55.4	114.5	85.0	0.563	2.37	189.20	150.50	63.71	54.70
Geweichte Schnitzel	II	0.210 kg Eiweiss 0.009 „ Fett 1.385 „ N-fr.	51.1	100.8	76.0	0.473	1.99	159.20	140.70	70.88	64.91
Desgleichen	III	0.211 kg Eiweiss 0.009 „ Fett 1.397 „ N-fr.	53.3	107.8	80.6	0.519	2.18	174.40	141.82	65.06	59.40
Im Durchschnitt:		[0.211 kg Eiweiss 0.009 „ Fett 1.391 „ N-fr.]	52.2	104.3	78.3	0.496	2.09	166.80	141.26	67.97	62.16
Gedämpfte Schnitzel	VII	0.255 kg Eiweiss 0.011 „ Fett 1.711 „ N-fr.	69.4	137.3	103.4	0.647	2.72	217.60	171.49	63.16	57.78

geweichten Schnitzeln. Bucht II, geweichte Schnitzel, steht wesentlich gegen die zugehörige Bucht III zurück (insbesondere wegen des zurückgebliebenen Schweines No. 7), es ist infolgedessen vielleicht nicht ganz ungerechtfertigt, bei der Berechnung des Endresultates diese Bucht nicht zu berücksichtigen; die geweichten Schnitzel bleiben aber auch dann — wenn also nur Bucht III berücksichtigt wird — an der letzten Stelle.

Dies Resultat soll gleich noch eingehender besprochen werden, es sind zunächst nur noch einige Bemerkungen zu der 3wöchentlichen (für alle Buchten gleichen) Nachfütterung zu machen. Während derselben erkrankte das Flockenschwein 1 in Bucht I und frass schlecht; die bei dieser Bucht während der Nachfütterung erzielte Gewichtszunahme ist deshalb nicht einwandsfrei. Jedenfalls geht aber aus den in obiger Tabelle angegebenen, diese Nachperiode betreffenden Lebendgewichtszunahmen hervor, dass das Futterverwertungsvermögen der Schweine mit den geweichten Schnitzeln (inkl. Schwein Nr. 7) mindestens gegen Ende des Versuches keineswegs irgendwie beeinträchtigt war. Im grossen Durchschnitt wurde während dieser Nachperiode bei den sechs ersten Buchten pro Kopf und Tag eine Lebendgewichtszunahme von 0.63 kg, bei Bucht VII von 0.67 kg erzielt. —

In der Tabelle S. 374 und 375 ist das Gesamtresultat des eigentlichen vergleichenden Versuches (21. Februar bis 6. Juni) für die Schweine jeder Bucht zusammen eingehender aufgeführt.

In dieser Tabelle sind auch Angaben über die Menge der aufgenommenen Nährstoffe (cfr. S. 368—370) und über den pekuniären Erfolg enthalten. Bei der Berechnung des letzteren ist der Doppelzentner Lebendgewicht sowohl zu Anfang als zu Ende des Versuches — wie dies den damaligen Verhältnissen ungefähr entsprach — mit 80 M. berechnet; der Doppelzentner gedämpfte Kartoffeln ist mit 3.00 M., das kg Magermilch mit $2^1/_2$ Pf. (Molke $^1/_4$ Pf.) in Rechnung gesetzt. Für Trockenkartoffeln, Erbsenschrot und Fischmehl sind die Preise berechnet, die wir tatsächlich bezahlt haben.

Wie sich die in der Tabelle angegebenen tatsächlichen Futterkosten der einzelnen Buchten für die 105 Versuchstage, vom 21. Februar bis 6. Juni, berechnen, geht aus nachstehender Zusammenstellung hervor.

Bucht IV sowohl wie Bucht V, gedämpfte Kartoffeln. 4 Schweine mit durchschnittlichem Lebendgewicht à 84.0 kg.

Menge	Einheit	Futter	Preis	Betrag
21.94	D.-Ztr.	gedämpfte Kartoffeln	à 3.00 M.	= 65.82 M.
2.49	„	Erbsen	„ 16.90 „	= 42.08 „
0.38	„	Fischmehl	„ 19.00 „	= 7.13 „
550.00	kg	Magermilch	„ $2^1/_2$ Pf.	= 13.75 „
101.00	„	Molke	„ 0.25 „	= 0.25 „
				129.03 M.

Bucht I, Flockenkartoffeln. 4 Schweine mit durchschnittlichem Lebendgewicht à 85.0 kg.

Menge	Einheit	Futter	Preis	Betrag
6.43	D.-Ztr.	Flocken	à 13.50 M.	= 86.74 M.
2.48	„	Erbsen	„ 16.90 „	= 41.83 „
0.40	„	Fischmehl	„ 19.00 „	= 7.60 „
547.00	kg	Magermilch	„ $2^1/_2$ Pf.	= 13.68 „
101.00	„	Molke	„ 0.25 „	= 0.25 „
				150.10 M.

Bucht VI, Flockenkartoffeln. 4 Schweine mit durchschnittlichem Lebendgewicht à 84.9 kg.

Menge	Einheit	Futter	Preis	Betrag
6.46	D.-Ztr.	Flocken	à 13.50 M.	= 87.21 M.
2.49	„	Erbsen	„ 16.90 „	= 42.08 „
0.40	„	Fischmehl	„ 19.00 „	= 7.60 „
550.00	kg	Magermilch	„ $2^1/_2$ Pf.	= 13.75 „
101.00	„	Molke	„ 0.25 „	= 0.25 „
				150.89 M.

Bucht II, geweichte Schnitzel. 4 Schweine mit durchschnittlichem Lebendgewicht à 76.0 kg.

Menge	Einheit	Futter	Preis	Betrag
6.73	D.-Ztr.	Schnitzel	à 11.50 M.	= 77.34 M.
2.48	„	Erbsen	„ 16.90 „	= 41.83 „
0.40	„	Fischmehl	„ 19.00 „	= 7.60 „
547.00	kg	Magermilch	„ $2^1/_2$ Pf.	= 13.68 „
101.00	„	Molke	„ 0.25 „	= 0.25 „
				140.70 M.

Bucht III, geweichte Schnitzel. 4 Schweine mit durchschnittlichem Lebendgewicht à 80.6 kg.

Menge	Einheit	Futter	Preis	Betrag
6.80	D.-Ztr.	Schnitzel	à 11.50 M.	= 78.14 M.
2.49	„	Erbsen	„ 16.90 „	= 42.08 „
0.40	„	Fischmehl	„ 19.00 „	= 7.60 „
550.00	kg	Magermilch	„ $2^1/_2$ Pf.	= 13.75 „
101.00	„	Molke	„ 0.25 „	= 0.25 „
				141.82 M.

Bucht VII, gedämpfte Schnitzel. 4 Schweine mit durchschnittlichem Lebendgewicht à 103.4 kg.

8.24	D.-Ztr.	Schnitzel	à 11.50 M.	= 94.76 M.
3.01	„	Erbsen	„ 16.90 „	= 50.95 „
0.49	„	Fischmehl	„ 19.00 „	= 9.31 „
647.00	kg	Magermilch	„ $2^1/_2$ Pf.	= 16.18 „
115.00	„	Molke	„ 0.25 „	= 0.29 „
				171.49 M.

Bei der verschiedenen Kartoffelfütterung wurde also pro Kopf und Tag (cfr. Tabelle S. 377) folgende Lebendgewichtszunahmen erzielt und es berechnet sich, dass zur Erzeugung von 1 kg Lebendgewicht folgende Kilogramm Stärkewert im Futter nötig waren (wenn wir die verdaulichen Nährstoffe sämtlicher verwendeter Futtermittel als vollwertig ansehen und das Fett bei der Umrechnung im Durchschnitt mit 2.3 multiplizieren).

Fütterung:	Lebendgewichtszunahme pro Kopf und Tag kg	Zur Erzeugung von 1 kg Lebendgewicht Stärkewert nötig kg
Gedämpfte Kartoffeln	0.584	2.731
Flockenkartoffeln	0.563	2.849
Geweichte Schnitzel	0.519	3.114
(wenn nur die gute Bucht III berücksichtigt wird) Gedämpfte Schnitzel	[0.647]	3.054

Um die vorhandene Verschiedenheit der Futterwirkung gleicher Mengen Kartoffeltrockensubstanz in Form von gedämpften Kartoffeln, in Form von Trockenflocken und in Form von Trockenschnitzeln in Geld auszudrücken, ist in der Tabelle S. 374 auch eine Rubrik berechnet, bei welcher der Preis der Kartoffelfütterung (also auch ungefähr der Preis pro Zentner verfütterte Kartoffeltrockensubstanz) für alle Buchten gleich hoch — nämlich entsprechend 1 Ztr. gedämpfte Kartoffeln = 1.50 M. — eingesetzt worden ist, die Trockenkosten bei den Trockenkartoffeln also sonach ausgeschaltet wurden. Bei Bucht VII, mit gedämpften Schnitzeln, die ja wesentlich mehr Kartoffeltrockensubstanz konsumiert hat, wurde der sich für die anderen Schnitzelbuchten hierbei berechnende Preis von 9.76 M. pro Doppelzentner verfütterte Schnitzel eingesetzt.

Es betrugen dann die Futterkosten pro 1 D.-Ztr. produziertes Lebendgewicht, wenn also für die Kartoffelfütterung überall dieselben Kosten eingesetzt wurden wie bei der Fütterung gedämpfter Kartoffeln (1 D.-Ztr. gedämpfte Kartoffeln = 3.00 M.)

Bei gedämpften Kartoffeln	52.67 M.
„ Flockenkartoffeln	54.70 „
„ geweichten Schnitzeln (nur Bucht III) .	59.40 „
„ gedämpften Schnitzeln	57.78 „

Aus den vorstehenden Zusammenstellungen geht nun übersichtlich hervor, dass bei unserem Versuch — wie bereits oben hervorgehoben — die Kartoffeltrockensubstanz in Form von gedämpften Kartoffeln am besten gefüttert hat; dann folgen die Flocken, dann die gedämpften Schnitzel und an letzter Stelle die geweichten Schnitzel.

Einwenden lässt sich vielleicht gegen die Verallgemeinerung unseres Resultates, dass in unserem Versuch die einzelnen Schweine in derselben Bucht zum Teil auch recht grosse Unterschiede zeigen und dass die gedämpften Schnitzel bei unserer Zusammenstellung wohl etwas schlechter wegkommen, als sie es verdienen, da bei älteren Schweinen die Lebendgewichtszunahme nicht mehr in demselben Verhältnis zur Futteraufnahme zu stehen braucht, wie bei den jüngeren Schweinen (cfr. hierzu die Gewichtszunahme der einzelnen Buchten bei der Nachfütterung S. 376). Mit wesentlichen Unterschieden in der Gewichtszunahme einzelner Schweine derselben Bucht wird man bei derartigen Versuchen aber wohl immer rechnen müssen; und mindestens der Unterschied in der Gewichtszunahme zwischen Fütterung gedämpfter Kartoffeln und in kaltem Wasser geweichter Schnitzel im vorliegenden Versuche kann deshalb nicht als hinfällig angesehen werden.

Das Zurückstehen der getrockneten Kartoffelschnitzel hat auch bereits Schneidewind in seinen in den Jahren 1902—1904 auf dem Versuchsgute Lauchstädt ausgeführten Fütterungsversuchen mit Schweinen ausnahmslos beobachtet.[1]) Erst als die Schnitzel mit Malz behandelt wurden, zeigten sie sich bei diesen Versuchen als vollwertiges Futter. Schneidewind hat auch bereits darauf aufmerksam gemacht, dass in dem Kot der mit Schnitzel gefütterten Schweine auffallend viel Stärke auftritt.

[1]) Landw. Jahrbücher XXXIII S. 290 und XXXVI S. 676.

Auch wir haben öfter Kotproben entnommen und dieselben mikroskopisch untersucht. Das Protokoll dieser Untersuchung ist unten als Anmerkung aufgeführt.[1]) Das Resultat der Unter-

[1]) Mikroskopischer Befund bei den Kotproben.

9. Februar 1907. — 1. Gedämpfte Kartoffeln: Von unverdauter Stärke sind nur Spuren vorhanden. — 2. Flockenkartoffeln: Unverdaute Stärke nur in Spuren vorhanden. — 3. Schnitzelkartoffeln, geweicht, von den erkrankten Schweinen: Es findet sich noch massenhaft unverdaute Stärke, insbesondere auch noch grössere, zusammenhängende Schnitzelstückchen vor.

18. Februar 1907. — 4. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Befund nicht viel anders als bei No. 3. — 5. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Befund ähnlich wie bei No. 4, vielleicht etwas weniger Schnitzelstückchen vorhanden.

6. März 1907. — 6. Gedämpfte Kartoffeln: Unverdaute Stärke nur in Spuren vorhanden. — 7. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in grosser Menge vorhanden (ganze Schnitzelstückchen). — 8. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Unverdaute Stärke nur in unbedeutender Menge vorhanden (wenig mehr wie bei No. 6). — 9. Flockenkartoffeln: Unverdaute Stärke in nicht unbeträchtlicher Menge vorhanden (neben viel einzelnen Stärkekörnern zahlreiche ganze gefüllte Stärkezellen, sowie kleinere Flockenstückchen); im ganzen aber wesentlich weniger wie bei No. 7.

8. April 1907. — 10. Gedämpfte Kartoffeln: Unverdaute Stärke kaum vorhanden. — 11. Kartoffelflocken: Unverdaute Stärke nur in geringer Menge vorhanden (eine nicht unbeträchtliche Menge Rapssamenschalen vorhanden). — 12. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in kleinerer Menge vorhanden, aber mehr wie bei No. 11. — 13. Schnitzelkartoffeln gedämpft: Ähnlich wie bei No. 12.

9. April 1907. — 14. Gedämpfte Kartoffeln: Unverdaute Stärke nur in Spuren vorhanden. — 15. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in sehr grosser Menge vorhanden. — 16. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Unverdaute Stärke nur in unbedeutender Menge vorhanden. — 17. Kartoffelflocken: Unverdaute Stärke etwas reichlich vorhanden (jedenfalls wesentlich mehr wie unter No. 16, aber ganz beträchtlich weniger als unter No. 15).

24. April 1907. — 18. Gedämpfte Kartoffeln: Unverdaute Stärke etwas vorhanden und zwar in (zahlreichen) einzelnen Körnern. — 19. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in sehr grosser Menge vorhanden. — 20. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Unverdaute Stärke in unbedeutender Menge vorhanden (wohl weniger als bei No. 18). — 21. Flockenkartoffeln: Unverdaute Stärke in geringer Menge vorhanden (etwa soviel wie bei No. 18).

10. Mai 1907. — 22. Gedämpfte Kartoffeln: Unverdaute Stärke nur in Spuren vorhanden. — 23. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in grosser Menge vorhanden. — 24. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Unverdaute Stärke reichlich vorhanden (einzelne Stärkekörner

suchung bei denselben Schweinen war nicht immer gleich, was sich ja schon dadurch erklärt, dass nur kleinere aus den beiden Parallelbuchten genommene und gemischte Stichproben des Kotes untersucht wurden. Gemischte Durchschnittsproben konnten aus dem strohigen Mist natürlich nicht entnommen werden. Es geht aber aus unserer mikroskopischen Untersuchung zweifellos hervor, dass der Kot nach gedämpften Kartoffeln regelmässig so gut wie stärkefrei war. Der Kot nach den Flocken enthielt häufig noch unverdaute Stärke in wesentlicher Menge und der Kot nach geweichten Schnitzeln fast immer ganz bedeutende Mengen unverdaute Stärke. Der Kot nach gedämpften Schnitzeln war stärkeärmer als der letztere, enthielt aber doch auch noch häufig viel Stärke.

In jüngster Zeit hat allerdings SCHNEIDEWIND Fütterungsversuche veröffentlicht, bei denen er zu einem anderen Resultat kommt;[1]) Schnitzel und Flocken (mit letzteren hat er früher noch keine Versuche angestellt) fütterten ebensogut wie gedämpfte

---

und ganze Zellen). — 25. Flockenkartoffeln: Unverdaute Stärke reichlich vorhanden (wohl noch mehr als bei No. 24).

28. Mai 1907. — 26. Gedämpfte Kartoffeln: Unverdaute Stärke nicht vorhanden. — 27. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in sehr grosser Menge vorhanden. — 28. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Unverdaute Stärke in ausserordentlich grosser Menge vorhanden (beträchtlich mehr wie bei No. 27). — 29. Flockenkartoffeln: Unverdaute Stärke in geringer Menge vorhanden.

5. Juni 1907. — 30. Schnitzelkartoffeln, geweicht: Unverdaute Stärke in beträchtlicher Menge vorhanden. — 31. Schnitzelkartoffeln, gedämpft: Unverdaute Stärke in beträchtlicher Menge vorhanden (eher mehr als wie bei No. 30).

Von Mitte März an wurde (bei allen Schweinen) Fischmehl II gefüttert, welches nicht so staubförmig war wie Fischmehl I. Das neue Fischmehl schien besser verdaut zu werden wie das alte; es fanden sich bei ihm im allgemeinen nicht mehr soviel unverdaute Muskelfasern — und zwar im ungequollenen Zustande — im Kot wie früher. Zuweilen fielen allerdings auch während der Fütterung von Fischmehl II die ungequollenen, unverdauten Muskelfasern im Kot auf. — Unverdaute Stärke von dem an alle Schweine gefütterten Erbsenschrot wurde im Kot niemals konstatiert.

[1]) Illustrierte Landw. Zeitung 1907 No. 77. Auch Geheimrat KELLNER hat in jüngster Zeit — Landw. Versuchs-Station Bd. 68, S. 39 — Fütterungsversuche über die Verdaulichkeit getrockneter Kartoffeln veröffentlicht, bei denen die Ausnutzung der Trockenkartoffeln kaum etwas zu wünschen übrig liess.

Kartoffeln. Dies andere Verhalten der Schnitzel in seinen neuen Versuchen glaubt er damit erklären zu können, dass die neuen Schnitzel, infolge einer Änderung an der Konstruktion der verwendeten Trockenapparate, „nicht mehr zu stark gedarrt werden konnten". Dazu möchte ich aber in bezug auf unseren Versuch bemerken, dass unsere Schnitzel noch bis 23 % Wasser enthielten, dieselben also während der Trocknung wohl nicht eine über 100° gehende Temperatur angenommen haben können (wenigstens nicht nach der Theorie, die s. Zt. bei Einführung der Rübenschnitzeltrocknung mit direkten Feuergasen allgemein als richtig angenommen wurde). Auch das gleichmässig helle Aussehen unserer Schnitzel spricht dagegen, dass sie einer zu hohen Temperatur ausgesetzt gewesen sind.

Man wird es also erst weiteren Versuchen überlassen müssen, diese Widersprüche aufzuklären. Die Schnitzel quellen beim Einweichen im (kalten) Wasser zwar auf, nehmen aber nicht die physikalische Beschaffenheit gewöhnlicher gedämpfter Kartoffeln an; sie behalten eine schlüpfrige, etwa an Kautschuk erinnernde Beschaffenheit. Selbst die gedämpften Schnitzel glichen hierin nicht ganz den gedämpften Kartoffeln. Vielleicht, dass hier der Grund der von uns beobachteten geringeren Verdaulichkeit zu suchen ist.[1])

Mir liegt im übrigen nichts ferner, als mit dem Resultat unserer Versuche von der Einführung der Kartoffeltrocknung abschrecken zu wollen. Dadurch, dass dieselbe den mit der Aufbewahrung der Kartoffeln verbundenen Verlust fast ganz beseitigt und aus den Kartoffeln eine jahrelang haltbare, leicht transportable Ware macht, wird sie sich sicherlich Geltung verschaffen, selbst wenn sich definitiv herausstellen wird, dass die Futterwirkung der Trockenkartoffeln bei Schweinen diejenige der gewöhnlichen gedämpften Kartoffeln nicht übertrifft, sondern ihr eher etwas nachsteht. Jedenfalls erscheint es zweckmässig, möglichst bald Preisen für Trockenkartoffeln entgegenzutreten,

---

[1]) Die Trockenkartoffeln wurden mit Wasser zu einem Brei angerührt, damit sie sich mit dem Kraftfutter innig mischen liessen und die einzelnen Tiere derselben Bucht also gleichmässiges Futter bekamen. Auf Grund der bei einem späteren Fütterungsversuch gemachten Erfahrung erscheint es mir nicht unmöglich, dass diese starke Vermischung des Futters mit Wasser hierbei eine Rolle gespielt hat. Allerdings war gerade bei den geweichten Schnitzelkartoffeln am wenigsten Wasser gebraucht worden (cfr. S. 360).

die in keinem Verhältnis zu ihrem Gehalt an Nährstoffen stehen. Wenn gegenwärtig für den Doppelzentner Trockenkartoffeln 16 M. und mehr gefordert und bezahlt werden und dabei z. B. der Zentner Mais kaum soviel kostet, so werden die Trockenkartoffeln (für Fütterungszwecke) wohl über ihren Wert bezahlt.

Das pekuniäre Resultat unserer Fütterung war — namentlich wenn wir nur mit den gedämpften Kartoffeln rechnen — günstig. Die Futterkosten zur Erzeugung von 1 D.-Ztr. Lebendgewicht betrugen bei Verwendung der gedämpften Kartoffeln nur ca. 53 M. Es ist dies günstiger als das durchschnittliche Resultat der im Jahre 1906 vom Deutschen Landwirtschafts-Rat veranlassten Versuche, über die Geheimrat Kellner bereits berichtet hat.[1]) Es stimmt aber etwa überein mit Resultaten, zu denen in dieser Beziehung Schneidewind (l. c.) bei seinen älteren Versuchen gekommen ist. Dass man hier bei verschiedenen Versuchen auch leicht zu etwas verschiedenen Resultaten kommt, hat indes nichts Auffälliges. Bei unserm Versuch wurden reichlich Kartoffeln gefüttert, und Kellner hat bereits in seinem zitierten Bericht darauf aufmerksam gemacht, dass bei dieser Fütterung die verhältnismässig niedrigsten Produktionskosten zu beobachten sind.

Nicht zu übersehen ist natürlich, dass bei unserer Berechnung nur die Kosten des Futters, nicht aber die Kosten der Wartung, Stallmiete usw. berücksichtigt sind. Nach der von Kellner l. c. angegebenen Berechnung würde hierfür in unserem Falle zu den Unkosten pro erzeugtem Doppelzentner Lebendgewicht noch ca. 10 M. hinzuzuzählen und dabei das Risiko noch immer nicht berücksichtigt sein.

Unsere Schweine frassen, wie angegeben, die — nach Kellners Normen — pro Kopf und Tag berechnete Menge Futter nicht auf.[2]) Es wurde im grossen Durchschnitt (bei Berücksichtigung sämtlicher Schweine) pro Tag und Schwein à 87.7 kg gefressen: 0.222 kg verdauliches Eiweiss, 0.010 kg verdauliches Fett, 1.466 kg verdauliche N-freie Stoffe; also pro 100 kg 0.253 kg Eiweiss, 0.011 kg Fett, 1.672 kg N-freie Stoffe oder

[1]) Bericht des Deutschen Landwirtschafts-Rates an das Reichsamt des Innern, betreffend Mästungsversuche mit Schweinen usw., Berlin 1908.

[2]) Es mag dies wohl von der Rasse der Schweine mit abhängen. Bei einem späteren Fütterungsversuch, den wir mit Yorkshire-Schweinen ausführten, wurden die den Kellnerschen Normen entsprechenden Rationen, wenigstens während des ersten Teiles des Versuches, glatt aufgenommen.

0.253 kg Eiweiss bei 1.935 kg Stärkewert. Und zur Erzeugung von 0.573 kg Lebendgewicht waren im Futter nötig 0.222 kg Eiweiss bei 1.698 kg Stärkewert; oder zur Erzeugung von 100 kg Lebendgewicht: 38.7 kg Eiweiss bei 296.3 kg Stärkewert. Allerdings ist vielleicht bei unserer Berechnung der Gehalt der verschiedenen Kartoffelsorten an verdaulichem Reineiweiss zu niedrig veranschlagt (cfr. S. 365) und also tatsächlich eine etwas grössere Menge Eiweiss verfüttert worden.

KELLNER berechnet bei den erwähnten Schweinefütterungsversuchen des Deutschen Landwirtschafts-Rates, dass zur Erzeugung von 100 kg Körperzuwachs nötig waren 315 kg Stärkewert mit 48 kg verdaulichem Eiweiss. Der Unterschied zwischen diesem und unserm vorstehenden Resultat dürfte wohl in der Natur derartiger Versuche begründet sein.

Anhang.

Lebendgewicht der Schweine bei den allvierzehntägigen[1] Wägungen in Kilogramm.

---

[1]) Um den Umfang der Tabelle nicht allzu gross werden zu lassen, ist die immer schon nach 8 Tagen wieder vorgenommene einmalige Wägung der ganzen Bucht nicht mit angegeben.

	Datum der Wägung:	1. Februar	20. Februar
	Nummer und Geschlecht der Schweine:		
Bucht I Flocken.	No. 1 männlich	43.5	218.5
	„ 2 weiblich	42.0	
	„ 3 männlich	45.5	
	„ 4 weiblich	43.0	
	In Summa:	174.0	218.5
Bucht VI Flocken.	No. 21 männlich	44.0	222.0
	„ 22 weiblich	49.0	
	„ 23 männlich	46.5	
	„ 24 männlich	42.0	
	In Summa:	181.5	222.0
Bucht II Schnitzel (geweicht).	No. 5 weiblich	40.5	201.5
	„ 6 weiblich	41.5	
	„ 7 männlich	47.5	
	„ 8 männlich	49.0	
	In Summa:	178.5	201.5
Bucht III Schnitzel (geweicht).	No. 9 männlich	45.0	208.5
	„ 10 weiblich	45.5	
	„ 11 männlich	45.5	
	„ 12 männlich	50.5	
	In Summa:	186.5	208.5
Bucht IV gedämpfte Kartoffeln.	No. 13 männlich	37.0	200.5
	„ 14 weiblich	38.5	
	„ 15 weiblich	55.0	
	„ 16 männlich	40.0	
	In Summa:	170.5	200.5
Bucht V gedämpfte Kartoffeln.	No. 17 weiblich	51.5	220.5
	„ 18 männlich	53.0	
	„ 19 männlich	41.5	
	„ 20 weiblich	46.0	
	In Summa:	192.0	220.5
Bucht VII Schnitzel (gedämpft).	No. 13 männlich	70.5	276.0
	„ 14 weiblich	62.0	
	„ 15 männlich	61.5	
	„ 16 männlich	53.0	
	In Summa:	247.0	276.0

21. Februar	22. Februar	6. März	7. März	8. März	20. März	21. März	22. März
54.0	55.0	62.0	253.0	63.0	68.0	284.0	70.0
55.0	55.0	59.5		62.0	67.5		69.5
55.5	56.0	62.0		63.5	70.0		71.5
55.5	56.5	66.0		67.5	75.5		78.0
220.0	222.5	249.5	253.0	256.0	281.0	284.0	289.0
51.5	52.5	59.0	256.0	61.5	68.0	287.5	69.0
60.5	61.5	69.0		72.0	77.0		78.0
57.0	58.0	65.0		67.0	76.0		75.5
52.5	53.0	58.0		61.0	67.5		68.0
221.5	225.0	251.0	256.0	261.5	288.5	287.5	290.5
48.0	48.0	54.5	234.0	56.5	61.5	259.0	62.5
44.5	45.0	50.0		50.5	56.0		57.0
52.5	53.5	59.0		59.5	64.5		65.0
59.5	61.0	70.0		72.5	79.5		79.0
204.5	207.5	233.5	234.0	239.0	261.5	259.0	263.5
49.5	49.0	54.0	241.5	55.5	59.0	267.0	61.0
53.0	53.5	58.5		60.0	62.5		63.0
53.0	54.0	62.0		63.5	75.5		75.5
59.5	59.5	65.0		66.5	71.5		71.5
215.0	216.0	239.5	241.5	245.5	268.5	267.0	271.0
47.0	47.0	54.5	237.0	55.0	63.0	274.5	63.0
44.5	44.5	52.0		54.0	62.0		63.0
64.5	65.0	73.0		75.0	85.5		86.5
49.0	49.5	57.0		57.0	64.0		67.0
205.0	206.0	236.5	237.0	241.0	274.5	274.5	279.5
57.5	57.0	64.0	262.0	66.5	74.0	293.0	76.0
60.0	60.5	68.5		70.5	76.0		78.0
49.0	49.5	57.0		58.0	64.0		66.0
57.0	57.0	65.5		67.5	77.0		77.0
223.5	224.0	255.0	262.0	262.5	291.0	293.0	297.0
79.0	79.5	85.0	303.0	86.0	93.0	348.0	96.0
67.5	67.5	72.5		74.5	84.5		85.0
70.0	71.0	81.0		83.5	92.0		94.5
60.5	61.5	68.0		69.5	74.5		75.5
277.0	279.5	306.5	303.0	313.5	344.0	348.0	351.0

	Datum der Wägung:	3. April	4. April
	Nummer und Geschlecht der Schweine:		
Bucht I Flocken.	No. 1 männlich	75.5	317.0
	„ 2 weiblich	72.0	
	„ 3 männlich	78.0	
	„ 4 weiblich	87.0	
	In Summa:	312.5	317.0
Bucht VI Flocken.	No. 21 männlich. . . .	74.0	319.0
	„ 22 weiblich	87.0	
	„ 23 männlich. . . .	82.0	
	„ 24 männlich. . . .	73.0	
	In Summa:	316.0	319.0
Bucht II Schnitzel (geweicht).	No. 5 weiblich	68.5	287.0
	„ 6 weiblich	61.5	
	„ 7 männlich	69.5	
	„ 8 männlich	87.0	
	In Summa:	286.5	287.0
Bucht III Schnitzel (geweicht).	No. 9 männlich. . . .	65.0	295.0
	„ 10 weiblich	70.0	
	„ 11 männlich. . . .	81.0	
	„ 12 männlich. . . .	76.0	
	In Summa:	292.0	295.0
Bucht IV gedämpfte Kartoffeln.	No. 13 männlich. . . .	67.0	298.0
	„ 14 weiblich	67.5	
	„ 15 weiblich	90.0	
	„ 16 männlich. . . .	72.5	
	In Summa:	297.0	298.0
Bucht V gedämpfte Kartoffeln.	No. 17 weiblich	82.5	321.0
	„ 18 männlich. . . .	84.0	
	„ 19 männlich. . . .	73.5	
	„ 20 weiblich	83.5	
	In Summa:	323.5	321.0
Bucht VII Schnitzel (gedämpft).	No. 13 männlich. . . .	105.0	383.0
	„ 14 weiblich	94.0	
	„ 15 männlich. . . .	105.0	
	„ 16 männlich. . . .	80.0	
	In Summa:	384.0	383.0

5. April	18. April	19. April	20. April	1. Mai	2. Mai	3. Mai	15. Mai
78.0	85.0	362.0	86.0	92.0	384.0	93.0	99.0
74.0	81.0		83.0	87.5		88.0	92.5
78.0	92.0		93.0	94.5		96.5	107.0
87.5	102.0		103.0	108.0		109.0	115.0
317.5	360.0	362.0	365.0	382.0	384.0	386.5	413.5
77.0	84.0	360.0	84.0	87.0	381.0	88.0	95.0
88.5	98.5		99.0	102.0		104.0	110.5
83.0	93.5		94.0	101.0		102.0	109.0
75.0	85.0		85.0	91.0		89.5	98.0
323.5	361.0	360.0	362.0	381.0	381.0	383.5	412.5
69.0	76.0	319.0	76.0	83.5	340.0	82.0	91.0
63.0	72.0		72.5	77.5		77.0	84.0
70.0	74.0		71.5	76.5		75.0	76.5
90.0	99.0		97.5	104.5		106.0	113.0
292.0	321.0	319.0	317.5	342.0	340.0	340.0	364.5
66.5	74.5	334.0	76.0	80.5	353.0	82.0	87.0
73.0	79.5		80.0	78.0		79.0	88.5
84.0	92.0		95.0	102.0		103.0	109.5
77.0	87.0		87.0	90.5		91.0	98.0
300.5	333.0	334.0	338.0	351.0	353.0	355.0	383.0
68.0	74.0	340.0	74.5	79.0	363.0	80.0	85.0
67.0	77.0		78.0	83.0		85.0	91.0
93.0	102.5		104.0	110.0		112.0	115.0
76.0	83.5		85.0	92.0		93.0	95.0
304.0	337.0	340.0	341.5	364.0	363.0	370.0	386.0
81.0	90.5	361.0	91.0	94.5	387.5	95.5	105.0
87.0	92.5		93.0	100.0		99.0	106.0
74.5	83.0		83.0	88.5		89.0	97.0
86.0	94.0		95.0	102.5		103.5	107.5
328.5	360.0	361.0	362.0	385.5	387.5	387.0	415.5
106.0	112.5	419.5	113.0	129.0	455.0	127.0	136.5
96.0	100.5		101.0	105.0		106.0	116.5
105.0	115.5		117.0	125.5		127.5	135.0
82.0	88.0		90.0	95.0		94.0	100.0
389.0	416.5	419.5	421.0	454.5	455.0	454.5	488.0

	Datum der Wägung:	16. Mai	17. Mai
	Nummer und Geschlecht der Schweine:		
Bucht I Flocken.	No. 1 männlich	414.0	100.5
	„ 2 weiblich		93.0
	„ 3 männlich		106.0
	„ 4 weiblich		117.0
	In Summa:	414.0	416.5
Bucht VI Flocken.	No. 21 männlich. . . .	413.0	95.5
	„ 22 weiblich		111.5
	„ 23 männlich. . . .		110.0
	„ 24 männlich. . . .		99.0
	In Summa:	413.0	416.0
Bucht II Schnitzel (geweicht).	No. 5 weiblich	365.0	93.0
	„ 6 weiblich		85.0
	„ 7 männlich		76.0
	„ 8 männlich		113.5
	In Summa:	365.0	367.5
Bucht III Schnitzel (geweicht).	No. 9 männlich. . . .	388.0	87.5
	„ 10 weiblich		88.0
	„ 11 männlich. . . .		110.0
	„ 12 männlich. . . .		98.5
	In Summa:	388.0	384.0
Bucht IV gedämpfte Kartoffeln.	No. 13 männlich. . . .	397.0	85.5
	„ 14 weiblich		92.5
	„ 15 weiblich		117.0
	„ 16 männlich. . . .		98.0
	In Summa:	397.0	393.0
Bucht V gedämpfte Kartoffeln.	No. 17 weiblich	418.0	101.0
	„ 18 männlich. . . .		107.5
	„ 19 männlich. . . .		97.0
	„ 20 weiblich		110.0
	In Summa:	418.0	415.5
Bucht VII Schnitzel (gedämpft).	No. 13 männlich. . . .	490.0	137.0
	„ 14 weiblich		117.0
	„ 15 männlich. . . .		136.0
	„ 16 männlich. . . .		101.5
	In Summa:	490.0	491.5

29. Mai	30. Mai	31. Mai	5. Juni	6. Juni	7. Juni	26. Juni	27. Juni	28. Juni
105.0	448.5	108.5	111.0	461.0	109.0	106.0	108.0	110.0?
100.0		102.0	102.0		104.0	118.0	118.0	120.5
117.0		114.0	115.0		117.0	129.5	129.5	131.0
129.0		129.0	129.0		130.0	146.5	147.5	149.0
451.0	448.5	453.5	457.0	461.0	460.0	500.0	503.0	510.5
107.0	446.0	100.0	104.0	456.0	104.0	112.0	112.0	113.5
125.0		124.0	125.0		128.0	143.0	144.0	145.5
115.0		116.0	113.0		112.0	124.0	125.0	127.0
107.0		108.0	112.0		115.0	123.5	125.0	126.5
454.0	446.0	448.0	454.0	456.0	459.0	502.5	506.0	512.5
94.0	389.0	95.0	98.0	400.0	100.0	107.0	109.0	110.5
93.0		93.0	96.0		97.0	108.0	109.0	109.5
83.0		82.0	82.0		86.0	94.5	97.0	100.0
119.0		121.0	123.0		127.0	141.0	143.0	145.5
389.0	389.0	391.0	399.0	400.0	410.0	450.5	458.0	465.5
97.0	421.0	94.0	100.0	429.0	101.0	115.0	117.0	119.5
99.0		97.0	97.5		92.0	105.0	104.0	107.5
121.0		119.0	122.0		124.0	135.0	138.0	138.5
110.0		109.0	118.0		110.0	122.5	125.0	127.0
427.0	421.0	419.0	437.5	429.0	427.0	477.5	484.0	492.5
93.0	428.0	92.0	96.0	444.0	98.0	106.0	106.0	106.5
102.0		101.0	102.0		105.0	116.0	117.0	118.0
128.0		125.0	132.0		133.0	145.0	148.0	149.5
109.5		108.0	112.0		114.0	126.5	129.0	129.0
432.5	428.0	426.0	442.0	444.0	450.0	493.5	500.0	503.0
112.0	455.0	112.0	114.5	471.0	112.0	128.5	129.5	130.0
116.0		117.0	120.0		125.0	132.0	133.5	134.0
118.0		107.0	110.0		113.0	124.0	127.0	128.0
120.0		118.0	123.5		125.0	137.0	141.0	143.0
466.0	455.0	454.0	468.0	471.0	475.0	521.5	531.0	535.0
150.0	535.0	149.5	153.0	548.0	158.0	166.0	170.0	169.0
124.0		125.0	129.0		129.0	136.0	139.5	139.5
149.0		149.0	150.0		154.0	168.0	170.5	171.5
112.0		108.0	112.5		114.0	127.0	128.0	130.5
535.0	535.0	531.5	544.5	548.0	555.0	597.0	608.0	610.5

Mitteilung der Kgl. landw. Versuchsstation Möckern.
(Vorstand: Geh. Hofrat Prof. Dr. O. Kellner.)

Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung des Eiweisses und einiger nichteiweissartiger Stickstoffverbindungen auf den Fleischansatz beim Wiederkäuer.

Von

Dr. JAROSLAV JUST.

I. Einleitung.

Bevor E. Schulze (Landw. Versuchs-Stationen 1875, Bd. 18, S. 320 und 1878, Bd. 21, S. 86) und O. Kellner (Landw. Jahrbücher 1879, 1 Suppl. zu Bd. 8, S. 243) ihre Arbeiten über den Gehalt der Pflanzen an nichteiweissartigen Stoffen veröffentlichten, glaubte man, dass letztgenannte Stoffe nur selten und in unbedeutenden Mengen im Pflanzenreiche vorkämen. E. Schulze aber zeigte, dass in Kartoffeln und Rüben ein grosser Teil des Gesamtstickstoffs in der Form von Nichteiweiss auftritt und in Kartoffeln nur 56.2 % und in Rüben sogar nur 21.6—38.9 % des Gesamtstickstoffs auf Eiweisssubstanz entfallen, und O. Kellner fand, dass Aminosäuren und Säureamide in den Pflanzen ganz allgemein verbreitet sind und zuweilen in sehr grosser Menge darin vorkommen. Diese nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen erscheinen in den Pflanzen entweder als Produkte der Zersetzung von Eiweiss durch proteolytische Enzyme, so namentlich in den Keimen der Pflanzen und in jungen wachsenden Sprossen, oder als Produkte des Überganges der von Pflanzen aufgenommenen anorganischen Stickstoffnahrung zum Eiweiss.

Da nun ein grosser Teil der tierischen Nahrung dem Pflanzenreich entnommen wird, so entstand bald die Frage nach dem Nährwert dieser nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen,

im speziellen die Frage, ob diese Stoffe das Eiweiss ganz oder teilweise ersetzen können, ob sie auch als Fettbildner wirken oder dem Tierkörper nur als Heizmaterial dienen.

Um hierüber Klarheit zu erlangen, wurden Fütterungsversuche angestellt, wobei die in Rede stehenden Stoffe entweder einzeln in isolierter Form oder in ihrer natürlichen Mischung geprüft wurden. So hat man sich besonders häufig mit dem Asparagin beschäftigt, weil dieses zu den im Pflanzenreiche am meisten verbreiteten Stoffen seiner Art gehört und leicht rein dargestellt werden kann, oder man hat künstliche Mischungen mehrerer nichteiweissartiger Stoffe, vereinzelt auch amidreiche Futtermittel (Melasse, Rüben) verwendet. Da sich bald gezeigt hatte, dass die Wirkung dieser Stoffe bei verschiedenen Tierarten verschieden ist, so hat man als Versuchstiere Karnivoren, Omnivoren, Herbivoren und Vögel benutzt. Nachdem man ferner erkannt hatte, dass das Nahrungseiweiss bei der Verdauung durch die proteolytischen Fermente des Magensaftes, des Pankreas- und des Darmsaftes grossenteils oder ganz in einfachere Stoffe, die nicht mehr Eiweiss sind, gespalten wird, hat man die Untersuchungen in neuester Zeit auch auf die Frage ausgedehnt, ob der Tierkörper imstande sei, diese Spaltungsprodukte wieder zusammenzufügen und auf diese Weise seinen Eiweissbedarf vollständig zu decken. Es erscheint mir angezeigt, alle diese Untersuchungen hier kurz vorzuführen, bevor ich auf die Darlegung der von mir gemachten Beobachtungen eingehe.

Fütterungsversuche mit karnivoren Tieren.

Als Versuchstiere wurden durchweg Hunde benutzt. — Zuntz und Bahlmann (Du Bois Reymonds Archiv 1882, S. 424) und Bahlmann selbst (Inaugural-Dissertation, Erlangen 1885: Über die Bedeutung der Amidsubstanzen für die tierische Ernährung) beobachteten, dass die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen, die im Fleischextrakt enthalten sind, keine eiweisssparende Wirkung besitzen, indem die Tiere, die nur mit kohlehydratreicher Nahrung gefüttert wurden, in derselben Zeit zugrunde gingen, wie die, welche neben Kohlehydraten noch Fleischextrakt bekamen.

Dass auch Asparagin bei sonst kohlehydratreicher Kost keine eiweisssparende Wirkung hat und eher den Eiweisszerfall steigert, ist aus Versuchen von Munk (Virchows Archiv 1883,

Bd. 94, S. 436) zu schliessen. Hagemann (Landw. Jahrbücher 1891, Bd. 20, S. 264), der den Munkschen Versuch wiederholte, gelangte zu demselben Resultate, wogegen Versuche von Mauthner (Zeitschr. f. Biologie 1891, Bd. 28, S. 507) mit Asparagin kein eindeutiges Ergebnis lieferten.

Völtz (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie 1905, Bd. 107, S. 360) prüfte den Einfluss verschiedener Eiweisskörper wie Serumalbumin, Kasein, Paranuklein, Hefenuklein, Hirnnuklein auf den Stickstoffumsatz mit besonderer Berücksichtigung einer Zulage von Asparagin. Bei 29 Versuchen wurde eine Grundration, bestehend aus Fleisch, Reis und Schmalz, gefüttert und ausserdem in einzelnen Perioden 1 g N in Form der zu prüfenden Eiweisskörper, in anderen nur $^1/_2$ g in dieser und $^1/_2$ g in Form von Asparagin zugegeben. Es zeigte sich aber, dass dasselbe Tier bei gleichen Ernährungsverhältnissen und gleichen anderen Bedingungen sich zu verschiedenen Zeiten, was den Eiweissumsatz anbetrifft, zuweilen verschieden verhielt. Damit verlieren die Resultate an ihrem Werte. Trotzdem zieht Völtz aus seinen Versuchen den Schluss: „Asparagin erwies sich bei sämtlichen Versuchen in bezug auf die Erhaltung und Vermehrung des Eiweissbestandes Eiweisskörpern gegenüber minderwertig.“ Wurde Asparagin neben den betreffenden Eiweisskörpern gefüttert, so wurde die Eiweisszersetzung bei verschiedenen Eiweisskörpern zwar in verschiedenem Maße — aber immer — gesteigert. In weiteren Versuchen ähnlicher Art hat dann Völtz (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie 1905, Bd. 107, S. 415) den Einfluss des Lecithins auf den N-Ansatz dem Albumin gegenüber zu ermitteln versucht. Der Ersatz eines Teiles Albumin durch Lecithinstickstoff hat dabei den Eiweissansatz befördert und sogar dann noch einen günstigen Einfluss geäussert, wenn weitere $^2/_5$ Albuminstickstoff durch Asparaginstickstoff ersetzt wurden. Ferner versuchte Völtz (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie 1906, Bd. 112, S. 413) in 10tägigen Fütterungsperioden die Wirkung verschiedener Amidstoffe (Asparagin, Ammoniumacetat, Acetamid, Glykokoll und eines Gemisches dieser 4 Stoffe) auf den Eiweissumsatz festzustellen. In der ersten und der letzten Periode wurde eine Grundration aus Fleisch, Reis und Schmalz gefüttert und dazu in den übrigen Perioden immer je 1 g Stickstoff in Form der zu prüfenden Substanz zugelegt. Die verschiedenen Amidstoffe sollen hierbei je nach ihrer chemischen Konstitution

verschieden auf den Stickstoffumsatz gewirkt haben, und zwar die Amidstoffe mit der Amidgruppe im Radikal besser als die mit der Amidgruppe am Karboxyl; ferner soll der Stickstoff in Form des Gemisches der 4 Substanzen besser als in Form eines einzelnen Amides verwertet worden sein. O. Kellner (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie 1906, Bd. 113, S. 480 und Fühlings Landw. Zeitung 55. Jahrg., 1906, S. 537) hat indessen gegen diese Resultate Einspruch erhoben, weil Völtz seinen Schlussfolgerungen nicht die wirklichen Stickstoff-Ausgaben des Tieres zugrunde gelegt, sondern für den Kotstickstoff durchweg nur den in der ersten Periode ausgeschiedenen Kotstickstoff in die Bilanzrechnung eingestellt hat. Tatsächlich lassen die Zahlen für den Ansatz, die wirklich erhalten wurden, lediglich erkennen, dass der Ansatz des Tieres während der ganzen Periode sich allmählich verminderte, ohne dass die verschiedenen Amidstoffe einen bemerkenswerten Einfluss hierauf geäussert hätten. Völtz hat nun mit Yakuwa (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie 1908, Bd. 121, S. 117) die eben erwähnten Versuche wiederholt, mit dem Unterschiede, dass je eine 5tägige Amidperiode jetzt mit einer 5tägigen Grundfutterperiode wechselte und dass pro 1 kg Körpergewicht geringere Mengen an Amidstickstoff gereicht wurden, weil nach Graffenbergers Angaben (Zeitschr. f. Biologie 1891, Bd. 28) grössere Mengen Asparagin toxisch wirken können. Die so erhaltenen Resultate widersprechen den früheren Schlussfolgerungen: Asparagin und Glykokoll haben sich fast indifferent verhalten, Acetamid hat eine Stickstoff-Retention bewirkt; noch etwas grösser war die Retention nach Zufuhr des Amidgemisches und am grössten war dieselbe nach Zufuhr von Ammonacetat. Gerade seinen früheren Schlüssen entgegensetzt, waren in dieser Versuchsreihe die Amidstoffe mit der Amidgruppe im Radikal zumeist schlechter verwertet worden wie die mit der Amidgruppe am Karboxyl.

Rosenfeld (Chem. Zentralblatt I, 1901, S. 533) hat einen Versuch an einer Hündin ausgeführt, um eine Hypothese von C. Lehmann zu prüfen, nach der die chemische Zusammensetzung des gleichzeitig mit den nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen verabreichten Nährmaterials nicht ohne Einfluss auf die Ausnützung dieses Stoffes sein sollte. Nach Rosenfeld wirken die reinen, zum rohfaserarmen Futter zugesetzten Eiweisskörper günstiger auf den Eiweissansatz wie Asparagin; letzteres dagegen,

neben einem rohfaserreichen Futter verabreicht, soll sogar eine dem Eiweiss überlegene Wirkung zeigen. ROSENFELD führt aber einige Vorbehalte an, die die Ergebnisse wieder unsicher machen. C. LEHMANN (PFLÜGERS Archiv f. d. gesamte Physiologie 1906, Bd. 112, S. 339) ging von der Ansicht aus, dass die Amidstoffe auf den Stickstoffumsatz besser wirken könnten, wenn ihre Auflösung im Speisebrei verlangsamt würde. Er glaubte dies durch Einbetten des Asparagins in Celloidin zu erreichen. Einem gleichbleibenden Grundfutter (Fleisch, Reis, Schmalz) legte er in 3 Versuchsreihen einerseits eingehülstes Asparagin, sodann freies Asparagin und schliesslich zum Vergleich Blutalbumin zu und berechnete, dass das eingehülste, also das langsam zur Lösung kommende Asparagin einen fast ebenso hohen Stickstoffansatz bewirkt haben sollte wie das Albumin, während das freie Asparagin erheblich schlechter verwertet worden wäre wie das in Celloidin eingebettete Amid. KELLNER (PFLÜGERS Archiv f. d. gesamte Physiologie 1906, Bd. 113, S. 480 und FÜHLINGS Landw. Zeitung 55 Jahrg., 1906, S. 537) zeigte aber, dass die Berechnungen LEHMANNS auf unrichtiger Grundlage beruhen, indem in ihnen die nach Abschluss jeder Versuchsreihe noch zur Ausscheidung gelangenden, dem Asparagin bezw. Albumin anzurechnenden Stickstoffmengen im Harn vom Versuchsansteller nicht berücksichtigt worden waren. Letztere Forderung ist unerlässlich, und indem KELLNER ihr Rechnung trug, zeigte er, dass die LEHMANNschen Schlussfolgerungen irrig waren: ein Unterschied zwischen der Wirkung des eingehülsten und freien Asparagins war nicht vorhanden, beide hatten den Eiweissumsatz erhöht, und zwar in gleichem Umfange, während das Albumin den Umsatz eingeschränkt, also günstig gewirkt hatte. — Eine auf LEHMANNS Veranlassung vorgenommene Wiederholung der soeben erwähnten Versuche durch M. MÜLLER (PFLÜGERS Archiv f. d. gesamte Physiologie 1907, Bd. 117, S. 497) führte nicht zu einem sicheren Resultate, weil hier, wie KELLNER (PFLÜGERS Archiv f. d. gesamte Physiologie 1907, Bd. 118, S. 641) zeigte, die Untersuchungsmethoden (Stickstoffbestimmungen) zu wünschen übrig liessen.

Bei weiteren Versuchen wollte M. MÜLLER (Journal für Landwirtschaft 1907, Bd. 55, S. 123) feststellen, wie die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen des jungen Grases den Stickstoffumsatz beeinflussen. Er verwandte zu diesem Zwecke

Heuextrakt. Seine erste Versuchsreihe enthält eine Vorperiode, in welcher eine Grundration (Pferdefleisch, Reis, Schweineschmalz) gefüttert wurde. Darauf setzte er in 2 fünftägigen Perioden Blutalbumin zu, so dass in der I. Periode die Stickstoffzufuhr um 0.5 g, in der II. um 1.0 g und in der III. um 1.5 g erhöht wurde. Die zweite Versuchsreihe ist der ersten analog, nur wurde nach der Vorperiode der Stickstoff in Form von Heuextrakt zugelegt. Müller folgert aus seinen Versuchen, dass die „Nichteiweisse" in der Mischung, wie sie aus Heu gewonnen wurden, Eiweiss ersetzen können, wogegen indessen Friedländer (Landw. Versuchs-Stationen 1907, Bd. 67, S. 289) einwandte, dass die für die Schlüsse dienenden Zahlen innerhalb der Fehlergrenzen lägen, und Kellner (Journal für Landwirtschaft 1908, S. 49) aus Müllers eigenen Zahlen bewies, dass die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen des Heuextrakts, was den Eiweissumsatz betrifft, sich indifferent verhalten hatten; Müller war hier in denselben Fehler verfallen, wie vor ihm Lehmann, indem er den Einfluss der vorangehenden Nahrung auf die Stickstoffausscheidung im Harn nicht in Rechnung zog.

Löwi (Zentralbl. f. Physiologie Bd. 15, 1902, S. 590) und nach ihm auch andere Forscher befassten sich mit der Frage, ob der tierische Organismus imstande ist, aus den eiweissfreien Spaltungsprodukten, die durch Fermenthydrolyse aus Eiweiss gewonnen werden, wieder Eiweiss zu bilden. Er stellte sich diese Spaltungsprodukte dar, indem er Eiweiss so lange der Pankreasverdauung unterwarf, bis die Biuretreaktion verschwunden war, und verfütterte diese Produkte in ihrer Gesamtheit neben Stärke und Zucker an eine Hündin. Da das Tier bei dieser Ernährung 25 Tage im Stickstoffgleichgewicht blieb und an Gewicht zunahm, so schloss Löwi, dass der Eiweissbedarf der Hündin durch die Verdauungsprodukte gedeckt war und somit eine Eiweisssynthese stattgefunden haben müsse. Dieses Ergebnis wurde von H. Lüthje (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie Bd. 113, 1906, S. 547) bestätigt. Bei kohlehydratreicher Nahrung konstatierte dieser Forscher, dass aus den eiweissfreien Verdauungsprodukten vom Hunde sogar Stickstoff retiniert wurde; als er jedoch die Kohlehydrate der Nahrung durch Fett ersetzte, unterblieb die Retention und an ihre Stelle trat ein Stickstoffverlust. Lüthje schloss hieraus: „Wenn es nicht gelingt, bei Fettnahrung Stickstoffgleichgewicht zu erzielen

mit abiureten stickstoffhaltigen Endprodukten, die in einer Menge verabreicht werden, die in Eiweissform durchaus ausreichend zur Erzielung des Stickstoffgleichgewichtes ist, so kann die Summe der biuretfreien Endprodukte dem Nahrungseiweiss nicht gleichwertig sein.“ Untersuchungen Lessers (Zeitschr. f. Biologie 45. Bd., 1904, S. 497), die mit den eben vorgeführten Beobachtungen Löwis und Lüthjes im Widerspruch stehen, erscheinen nicht einwandfrei, weil die hierbei benützten Tiere viel an Erbrechen und Durchfall litten.

Überzeugender noch als die Untersuchungen Löwis und Lüthjes sind einige Arbeiten von E. Abderhalden und dessen Mitarbeiten. Ein durch Pankreatin verdautes Kasein, das nur zum kleinsten Teile aus polypeptidartigen, aber ganz abiureten Produkten bestand, wurde von Abderhalden und Rona (Zeitschr. f. physiol. Chem. 44. Bd., 1905, S. 198) neben Zucker, Fett und Stärke an einen Hund verfüttert, der bei dieser Nahrung nicht nur im Stickstoffgleichgewicht blieb, sondern noch Stickstoff retinierte. Kasein dagegen, das durch 25 %ige Schwefelsäure hydrolysiert war, schützte das Tier nicht vor Stickstoffverlusten, die fast denen bei vollständiger Nahrungsentziehung gleichkamen. — Weiter haben Abderhalden und Oppler (ebenda 51. Bd., 1907, S. 226) einen Hund mehrere Wochen im Stickstoffgleichgewichte erhalten, indem sie ihm neben stickstofffreier kohlehydratreicher Nahrung ein durch Magen-, Pankreas- und Darmsaft hydrolysiertes abiuretes Kaseinpräparat verabreichten, das nur aus den einfachen Aminosäuren bestand. — Da das Kasein an sich bei kohlehydratreicher Nahrung dem wachsenden Organismus kaum genügen kann, so haben ferner Abderhalden und Rona (Zeitchr. f. physiol. Chemie 52. Bd., 1907, S. 507) einen Versuch mit Fleisch ausgeführt, das durch Autolyse, darauf durch Pankreas- und endlich durch Darmsaftverdauung hydrolysiert und polipeptidfrei gemacht worden war. Dieses Produkt, neben Kohlehydraten und Fett verfüttert, bewirkte bei einem noch wachsenden Hunde eine kleine Stickstoffretention. Endlich haben dieselben Forscher (ebenda 47. Bd., 1906, S. 397) noch einen Versuch mit einem künstlichen Aminosäuregemisch ausgeführt, bei dessen Zusammensetzung man die Spaltungsprodukte des Kaseins zum ungefähren Anhaltspunkte genommen hatte; jedoch fehlten darin einige Mono- und Diaminosäuren. Das Gemisch war nicht imstande, bei einem Hunde, der nicht genügende Mengen Nahrungseiweiss erhielt, den Zerfall von Körpereiweiss aufzuhalten.

Fütterungsversuche mit omnivoren Tieren.

Um im Zusammenhange mit den eben besprochenen Untersuchungen bei Fleischfressern zu bleiben, gehen wir zunächst auf diejenigen Arbeiten ein, die mit künstlich abgebautem Eiweiss ausgeführt worden sind.

Abderhalden und Rona (Zeitschr. f. physiol. Chemie 42. Bd., 1904, S. 528) haben die Frage bearbeitet, ob die durch Hydrolyse gewonnenen Aminosäuren bei Kohlehydratfütterung imstande sind, Mäuse mit Stickstoff zu versorgen. Es wurden 5 Gruppen von Mäusen, die sämtlich Zucker erhielten, in folgender Weise ernährt: 1. Gruppe mit pankreasverdautem Kasein, 2. Gruppe mit Kasein, das durch Pepsin-Salzsäure und Pankreatin verdaut war, 3. Gruppe mit Kasein, das mit Schwefelsäure hydrolysiert worden war, 4. Gruppe mit reinem Kasein und 5. Gruppe nur mit Zucker ohne Beigabe einer stickstoffhaltigen Substanz. Bei der Ernährung mit dem durch Schwefelsäure gespaltenen Kasein gingen die Tiere fast in derselben Zeit ein wie die Gruppe 5, die nur Zucker bekommen hatte; bei Zufuhr von Kasein, das durch Fermente gespalten war, lebten die Tiere länger, jedoch nicht so lange wie die mit reinem Kasein gefütterten Mäuse. Auch Henriques und Hansen (Zeitschr. f. physiol. Chemie 1904/05, Bd. 43, S. 417) fanden bei Ratten, dass säurehydrolysiertes Kasein neben kohlehydratreicher Nahrung überhaupt nicht imstande ist, den Eiweissverlusten vom Körper vorzubeugen, wogegen die Stoffe, die durch lang andauernde Wirkung von Trypsin und Erepsin auf Albuminstoffe entstehen, neben stickstofffreier Nahrung gefüttert, Stickstoffgleichgewicht oder sogar Ablagerung von Stickstoff im Körper hervorzubringen vermögen. Bei einer Wiederholung dieses Versuches mit säurehydrolysiertem Kasein beobachteten Henriques und Hansen (Zeitschr. f. physiol. Chemie 1906, Bd. 49, S. 113) jedoch, dass dieses Präparat neben kohlehydratreicher Nahrung gefüttert, doch vielleicht den täglichen Stickstoffverlust vermindern kann. Versuche mit Protaminen: Clupeinsulfat und Clupeinkarbonat lehrten, dass diese Stoffe für sich und noch mehr zusammen mit den Säurespaltungsprodukten des Kaseins verfüttert, den Organismus vor Stickstoffverlusten schützen können.

Wie Henriques (Zeitschr. f. physiol. Chemie 1908, Bd. 54, S. 406) selbst angibt, hatte er in der ersten Versuchsreihe kein

durch Fermente total abgebautes Eiweiss benutzt. Erst in der letzten Reihe von Versuchen war ein Präparat benutzt worden, das nach einer Untersuchung mit Hilfe der Sörensenschen Methode (Enzymstudien, Biochem. Zeitschr. Bd. VII) als ein total hydrolysiertes Eiweiss zu bezeichnen ist. Die Ergebnisse der Fütterungsversuche mit Ratten lauten: Die Proteinstoffe, die durch Trypsin und Erepsin gespalten und noch 6 Stunden lang mit 20 %iger Schwefelsäure bis zu 100° erhitzt worden waren, neben kohlehydratreicher Nahrung gefüttert, bewirkten nicht allein Stickstoffgleichgewicht, sondern noch einen Stickstoffansatz. Durch 17stündiges Erhitzen mit 25 %iger Schwefelsäure verloren die Spaltungsprodukte jedoch schon das Vermögen, Eiweiss zu ersetzen, bei diesen Präparaten blieb die Tryptophanreaktion aus. Alle Untersuchungen, die Abderhalden und seine Mitarbeiter, sowie Henriques selbst und mit Hansen ausgeführt haben, lassen erkennen, dass der tierische Organismus imstande ist, die Produkte der Eiweisshydrolyse fast ebenso wie das Eiweiss zu verwerten, d. h. aus den Spaltungsprodukten Eiweiss aufbauen, sofern sämtliche zum Aufbaue des Eiweisses notwendigen Baustoffe darin enthalten sind. Fehlen einige Baustoffe, was wahrscheinlich bei den Präparaten der Fall ist, die durch weitgehende Spaltung mit Mineralsäure hergestellt werden, so ist dem tierischen Organismus die Fähigkeit genommen, aus den Spaltungsprodukten Eiweiss zu rekonstruieren.

Einige andere Versuche, zu denen Omnivoren dienten, wurden nur mit einzelnen nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen oder mit Gemischen derselben ausgeführt. So hat Bahlmann (Bedeutung der Amidsubstanzen für die tierische Ernährung, Inaugural-Dissertation, Erlangen 1885) gezeigt, dass Asparagin nicht imstande ist, das Eiweiss zu ersetzen; einige Ratten, die den Stickstoff nur in Form von Asparagin erhielten, gingen bald zugrunde. Auch Politis (Zeitschr. f. Biologie 1891, Bd. 28, S. 492) folgert aus seinen Untersuchungen mit Ratten, dass Asparagin keine eiweisssparende Wirkung hat. Hier waren die Tiere mit einem Gemisch ernährt worden, das in der ersten Versuchsreihe eine Nahrung aus 36.6 % Fett, 36.6 % Stärke und 26.8 % Fleischextrakt und in der zweiten Versuchsreihe 30.9 % Fett, 30.9 % Stärke, 22.7 % Fleischextrakt und 15.5 % Asparagin enthielt. Die Ratten beider Versuchsreihen starben fast zu gleicher Zeit und erlitten dieselbe Gewichtsabnahme. Dagegen erwies sich das Futter der

ersten Versuchsreihe, wenn dazu noch Eiweiss oder Eiweiss und Asparagin zugegeben wurde, als ausreichend zur Erhaltung des Lebens. Erhielt ein Tier, das bei dem Futter der ersten Versuchsreihe vollständig abgemagert war, Fleischmehl zugelegt, so konnte es sein ursprüngliches Gewicht wieder erlangen. Ein abgemagertes Tier nahm aber nicht mehr an Gewicht zu, wenn nur Asparagin dem Futter der 1. Reihe zugegeben wurde. — In ganz ähnlicher Weise hat ferner Gabriel (Zeitschr. f. Biologie 1892, Bd. 29, S. 115) 6 Versuchsreihen mit weissen Ratten ausgeführt. Es wurde gefüttert: I. Versuchsreihe: eine Mischung von Kartoffelstärke, entharztem Holzmehl, Rohzucker, Heuasche, Körnerasche, Kochsalz; II. Versuchsreihe: dasselbe wie I., nur wurde ein Teil der Stärke durch Asparagin ersetzt; III. Versuchsreihe: wie II., nur Fibrin anstatt Asparagin; IV. Versuchsreihe: eine Mischung von Roggenmehl und 25 g Fleischmehl; V. Versuchsreihe: wie IV., nur 12.5 g Asparagin anstatt 12.5 g Fleischmehl; VI. Versuchsreihe: wie V., aber ohne Asparagin. Nach dem Gewichtsverluste der Ratten erwies sich das Futter der I. und II. Versuchsreihe als gleichwertig; in der III. Versuchsreihe betrug der Gewichtsverlust nur die Hälfte gegenüber der I. und II. Reihe; in der IV. Reihe bestand Körpergleichgewicht und in der V. und VI. Reihe verloren die Tiere gleichviel von ihrem Körpergewicht. Aus der I. und II. Versuchsreihe schliesst Gabriel, dass das Asparagin einen Teil der stickstofffreien Nährstoffe vollständig zu ersetzen vermag, und aus der V. und VI. Reihe, dass sich Asparagin, was den Stickstoffumsatz anbetrifft, wie indifferenter Stoff verhalten hat. Auch Henriques und Hansen (Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1907, Bd. 54, S. 169) haben Versuche mit Ratten angestellt, um zu ermitteln, wie sich die pflanzlichen nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen im Körper der Omnivoren verhalten. Asparagin konnte Stickstoffverluste nicht verhüten und auch die Gemische der nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen, die aus Wurzelknollen (Kartoffeln und Rüben) oder aus Keimlingen verschiedener Samen durch Auspressen oder Auskochen gewonnen wurden, vermochten nicht Stickstoffgleichgewicht herzustellen; die letzteren Stickstoffverbindungen schienen zwar die Stickstoffverluste etwas einzuschränken, doch waren die verfütterten Lösungen höchstwahrscheinlich nicht ganz eiweissfrei, da man zur Entfernung des Eiweisses Essigsäure benutzt hatte, welche die Eiweissstoffe bekanntlich nicht vollständig zu fällen vermag.

Fütterungsversuche mit herbivoren Tieren.

I. Nicht-Wiederkäuer. — Die ersten Versuche, die über die Bedeutung des Asparagins für die tierische Ernährung unternommen worden sind, hat Weiske (Zeitschr. f. Biologie 1879, Bd. 15, S. 261) angestellt und dabei mit 4 Kaninchen gearbeitet. Er kam zu dem Schlusse, dass das Asparagin, neben einer stickstofffreien Nahrung verfüttert, eiweissersparend wirken kann, indem nämlich das Kaninchen, das neben stickstofffreier Nahrung auch Asparagin erhalten hatte, länger am Leben blieb als die nur mit stickstofffreier Nahrung ohne oder mit Leim gefütterten Tiere. Ein Kaninchen, dem neben stickstofffreier Nahrung noch Asparagin + Leim verabreicht worden war, hatte während einer 72tägigen Beobachtungszeit von seinem Gewichte nichts verloren. Es wurde jedoch nicht geprüft, ob der verfütterte Leim eiweissfrei war. — Später hat derselbe Forscher (Zeitschr. f. Biologie 1894, Bd. 30, S. 254) 3 Kaninchen desselben Wurfes mit Stärke, Nussschalen-Rohfaser, Rohzucker, Olivenöl und mineralischen Substanzen gefüttert, wobei bei dem Kaninchen No. 2 ein Teil der Stärke durch Asparagin, bei No. 3 durch Fibrin ersetzt wurde. Nach 41 Tagen ging das erste Kaninchen zugrunde und hatte bis zu dieser Zeit von seinem Körpergewichte 40 % verloren; im gleichen Zeitraum hatte No. 2 nur 19.6 % und No. 3 nur 7.1 % am Körpergewichte eingebüsst, und diese beiden Tiere waren nach der genannten Zeit immer noch so kräftig, dass ihr Leben wohl noch für einige Zeit gesichert war. In Übereinstimmung mit diesen Beobachtungen stand auch der Stickstoff- und Fettverlust der Fleisch- und Weichteile und der Knochen, wie er sich bei der Untersuchung der 3 Tiere ergab. Diese Beobachtungen deuten auf einen eiweisssparenden Einfluss des Asparagins, sofern nicht etwa individuelle Verschiedenheiten der 3 Kaninchen mit im Spiele gewesen sind. Die Untersuchung des Kotes auf Stärke ergab, dass das erste Kaninchen die Stärke des Futters um 6 % schlechter verdaut hatte als das mit Asparagin oder Fibrin gefütterte Tier; das Asparagin war also der Verdauung der Stärke günstig gewesen. Bei wiederholten Versuchen mit Kaninchen, die alle dieselbe Menge Stärke bekamen (was bei den eben erwähnten Versuchen nicht der Fall war), blieb jedoch die Verdauung der Stärke ganz gleich, ob Asparagin zugegeben wurde oder nicht.

Zu demselben Resultate über die eiweisssparende Wirkung des Asparagins neben kohlehydratreicher Nahrung wie WEISKE gelangten auch ZUNTZ und BAHLMANN (DU BOIS, REYMONDS Archiv 1882, S. 424), sowie BAHLMANN selbst (Über die Bedeutung der Amidsubstanzen für die tierische Ernährung. Inaugural-Dissertation, Erlangen 1885); eine Mischung von Asparagin, Tyrosin, Taurin und Guanidinsulphocyanat neben kohlehydratreicher Kost an Kaninchen gefüttert, liess hier jedoch eine erhebliche Steigerung des Eiweisszerfalles erkennen. Eine Mischung von Asparagin und Leucin oder ein Gemisch der kristallinischen Körper, die bei der Pankreasverdauung von Fleisch gewonnen wurden, steigerten den Eiweisszerfall ganz unbedeutend.

Mit Kaninchen hat ferner noch LÜTHJE (PFLÜGERS Archiv f. d. ges. Physiologie 1906, Bd. 113, S. 547) gearbeitet. Von 3 Tieren erhielt das eine als Futter Glukose und Kartoffelpressrückstände (0.2 % N), das andere dazu noch die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen der Kartoffeln in Form eines Extraktes und das dritte zu der Glukose und den Kartoffelrückständen noch Kartoffeleiweiss. Das erste und zweite Kaninchen gingen fast in derselben Zeit zugrunde, während das mit Kartoffeleiweiss gefütterte am Leben blieb und noch an Gewicht zunahm. LÜTHJE zeigte weiter, dass es nicht gelingt, Kaninchen nur bei Rüben- oder Kartoffelnahrung am Leben zu erhalten, obwohl die verzehrte Stickstoffsubstanz, wenn sie das Eiweiss ersetzen könnte, hierzu völlig ausreichen würde. Die stickstoffhaltigen nichteiweissartigen Bestandteile der Rüben und Kartoffeln können daher das Eiweiss im Erhaltungsfutter der Kaninchen nicht vertreten.

II. Nicht milchgebende Wiederkäuer. — Die ersten Versuche auf dem in Rede stehenden Gebiete sind von WEISKE (Zeitschr. f. Biologie 15. Bd., 1879, S. 261) mit zwei Hammeln ausgeführt worden, um die Ergebnisse, die er bei Kaninchen erhalten hatte, einer weiteren Prüfung zu unterwerfen. Die Tiere erhielten in einer 1. Periodeein proteinarmes Futter mit sehr weitem Nährstoffverhältnis, nämlich 500 g Wiesenheu, 200 g Stärkemehl und 50 g Zucker. Darauf wurde in den nächsten Perioden dem früheren Futter täglich so viel Stickstoff, zuerst in Form von Asparagin, dann in Form von Leim und schliesslich in Form von Eiweiss, zugelegt, dass die Menge des Stickstoffs gegenüber der I. Periode verdoppelt war. Aus seinem Resultate schliesst WEISKE, dass dem Asparagin in der Tat eine eiweisssparende Wirkung zukommt. Bei

weiteren Versuchen, die derselbe Forscher (Zeitschr. f. Biologie Bd. 17, S. 415) ausführte, um sich zu überzeugen, ob die Beigabe von Asparagin bezw. Leim und Stärkemehl zu Wiesenheu die Verdauung des Wiesenheuproteins ändert, hat er wiederum eine eiweisssparende Wirkung des Asparagins beobachtet. Unklar blieben dabei nur die Verhältnisse der Proteinverdauung bezw. der Einfluss, den die zugefütterten Stoffe auf die Verdauung des Heuproteins ausübten. Deshalb unternahm er noch eine Versuchsreihe, die jedoch nur mit einem Tiere (Hammel) ausgeführt wurde. In der I. Periode wurde 1 kg Wiesenheu verabreicht, wozu in der II. Periode 183 g Stärke und 32 g Zucker und in der III. Periode 130 g Stärke, 32 g Zucker und 52.5 g Asparagin zugegeben wurden. Die Asparaginzugabe verursachte in dieser Versuchsreihe „ausnahmsweise“ keinen Eiweissansatz, hat aber nach Weiskes Ansicht günstig auf die Ausnützung des Wiesenheuproteins gewirkt.

Auch Meyer (Der Einfluss des Asparagins auf den Eiweissumsatz bei Wiederkäuern. Inaugural-Dissertation, Heidelberg 1896) schliesst aus Versuchen mit Hammeln, dass das Asparagin, neben eiweissarmem, aber kohlehydratreichem Futter verabreicht, den Eiweissansatz fördert. Da hier das Asparagin nicht einem gleichbleibenden Grundfutter zugelegt, sondern mit Stärke und Zucker gemischt als Ersatz für Gerste verabreicht worden war, so lässt sich aus den Versuchen nichts über eine etwaige Wirkung des Asparagins auf die Verdauung des Futters entnehmen. Chomskys (Berichte a. d. physiolog. Laboratorium des landw. Instituts der Univ. zu Halle 1898) Asparaginversuche sind nicht überzeugend, weil er in einer Periode einen günstigen Einfluss des Asparagins auf den N-Ansatz, in der anderen Periode aber das Gegenteil beobachtete. Er stellte seine Versuche mit einem Hammel an und teilte sie in 5 Perioden. Es wurde gefüttert: I. Periode: ein Gemisch aus 600 g Haferstroh, 150 g Sesamkuchen, 240 g Stärke, 102 g Zucker und 6 g NaCl; in der II. Periode eine Futterration, in der die gleiche Menge stickstofffreier Stoffe, aber eine ca. 40 % kleinere Eiweissmenge enthalten war; III. Periode: wie II. Periode, nur wurde die Stickstoffmenge durch Asparagin auf die Höhe der I. Periode gebracht. Dabei betrug der tägliche Stickstoffansatz: I. Periode + 2.311 g, in der II. Periode − 0.109 g und in der III. Periode + 1.642 g. Aus diesem Ergebnisse folgert Chomsky: „Das Asparagin hat sich

als Nahrungsstoff erwiesen, und zwar als ein solcher von eiweissähnlichem Charakter". Dieser Schluss erscheint aber durch den weiteren Verlauf der Versuche in der Periode V und VI widerlegt. Es wurde gefüttert in der IV. Periode wie in der I. Periode, dazu 75 g entfetteter Sesamkuchen (Stickstoffansatz = + 2.649 g N), in der V. Periode wie in der I. Periode, dazu eine dem entfetteten Sesamkuchen äquivalente Menge Asparagin (Stickstoffansatz = + 1.523 g N). Danach hat die Zugabe von Asparagin zum Futter der I. Periode den N-Ansatz um 0.788 g herabgesetzt.

Die mannigfachen Widersprüche der bisherigen Versuchsresultate veranlassten O. KELLNER (Zeitschr. f. Biologie 1900, Bd. 39, S. 313) zu weiteren Untersuchungen, die namentlich auch um deswillen unternommen wurden, weil dieser Forscher beobachtet hatte, dass bei der bis dahin üblichen Behandlung des Kotes (Vortrocknen desselben) für die Analyse Stickstoffverluste auftraten, die man bis zu jener Zeit nicht beachtet hatte. Die Versuche wurden mit Lämmern ausgeführt, also mit Tieren, die sich noch in einem Stadium erhöhten Eiweissbedarfs befinden. Sie lieferten den sicheren Beweis dafür, dass nicht nur das Asparagin, sondern auch das Ammoniumacetat bei eiweissarmer, aber kohlehydratreicher Nahrung den Eiweissansatz fördern kann. Dieser Beweis wurde dadurch gegeben, dass die Lämmer in der I. Periode, in welcher sie eine Grundration von 600 g Heu, 250 g Stärke und 50 g Zucker erhielten, nur 0.65 g N ansetzten, während in den Perioden, wo neben der Grundration noch 5.73 g Stickstoff in Form von Asparagin oder Ammoniumacetat verabreicht wurde, sie durchschnittlich erheblich mehr, nämlich 2.49 g N bezw. 2.51 g N im Körper zurückhielten. Ausserdem wurde gefunden, dass unter dem Einflusse der zugelegten stickstoffhaltigen Substanzen die Verdauung der stickstofffreien Extraktstoffe und Rohfaser etwas erhöht wurde. Wurde das Asparagin einem Mastfutter zugesetzt, so zeigte es keine Wirkung mehr, offenbar weil hier schon durch den Eiweissgehalt des Futters der Bedarf der Tiere gedeckt war.

TRYNISZEWSKI (Berichte aus dem physiolog. Laboratorium und Versuchsanstalt des landw. Instituts der Universität Halle 1900, Bd. 14, S. 109) führte Versuche mit einem Ochsenkalb aus. Nach einer Periode, in welcher eine kohlehydratreiche Grundration mit 4.5 kg Protein auf 1000 kg Lebendgewicht verabreicht wurde, ersetzte er in der nächsten Periode einen

Teil Eiweiss durch Asparagin + Stärke und verfütterte am Schluss wiederum die Grundration. Aus dem Stickstoffansatz zu schliessen, hatte das Asparagin nicht vermocht, das Eiweiss vollständig zu vertreten. Etwas näheren Aufschluss über die Wirkungsweise der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen von der Art des Asparagins und Ammoniaks beim Wiederkäuer scheinen neuere Untersuchungen von O. Kellner (Chemiker-Zeitung 1908, No. 77, S. 915) zu geben, die mit Lämmern angestellt worden sind. Die Tiere erhielten zu einer fast eiweissfreien Nahrung (Stroh, Stärkemehl, Zucker) eine Zulage von 10.68 g Stickstoff in der Form eines Gemisches von Asparagin und Ammonacetat und setzten sich mit demselben nach längeren Stickstoffverlusten vom Körper ins Gleichgewicht. Zu einem Stickstoffansatz kam es jedoch während der 30 tägigen Versuchsdauer trotz reichlicher Kohlehydratzufuhr nicht, obwohl die verdaute Stickstoffmenge — wäre sie hierzu verwertbar gewesen — zu einem erheblichen Eiweissansatz ausgereicht hätte. Im Futter war nur 0.76 g in Pepsin-Salzsäure löslicher Eiweissstickstoff vorhanden, eine Menge, die unter keinen Umständen genügt, den Bedarf eines Lammes von 44 kg zu decken. Danach müssen die verabreichten nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen zur Deckung des Stickstoffbedarfs für die blosse Lebenderhaltung herangezogen worden sein. Als nach Beendigung dieser Fütterung an Stelle des Asparagins und Ammonacetats Eiweiss gereicht wurde, zeigte sich sofort die sehr grosse Überlegenheit dieses Nährstoffs über die anderen Formen des Stickstoffs, indem nämlich, obwohl hier 1 g Stickstoff weniger zugeführt worden war, längere Zeit hindurch 2 g Stickstoff angesetzt wurden.

Ferner haben Andrlik, Velich und Staněk Fütterungsversuche mit einem Hammel angestellt, um die Bedeutung der Hauptrepräsentanten der nichteiweissartigen stickstoffhaltigen Melassesubstanzen, des Betains, der Glutamin- und Asparaginsäure auf die tierische Ernährung festzustellen. Die Genannten (Zeitschr. für Zuckerindustrie in Böhmen 1903, 27. Jahrg., S. 14) und Velich selbst (ebendaselbst 1904, 29. Jahrg., S. 205) überzeugten sich zuerst an Fröschen, einer Ratte und an einem Hunde, dass eine in das Blut eingespritzte Betainlösung keine toxische Wirkung ausübt und dass dabei das Betain beim Hunde vollständig im Harn erscheint, wogegen von dem in den Magen des Hundes eingeführten Betain nur ein Drittel im Harn und eine ganz

unbedeutende Menge im Kot erscheint. Sie stellten weiter fest, dass eine mit Melasse gefütterte Kuh weder im Harn, noch im Kot, noch auch in der Milch Betain ausscheidet, dass also das Betain im Organismus des Wiederkäuers verändert wird. Nach diesen vorläufigen Untersuchungen unternahmen Velich und Staněk (ebendaselbst 1905, 29. Jahrg., S. 205) einen Versuch mit einem Hammel über den Nährwert des Betains. Der ganze Versuch wurde in 5 Perioden geteilt. Während der Dauer des ganzen Versuches wurde das Tier mit Heu und einem Mehlkuchen (in den beiden letzten Versuchsperioden mit einem etwas stickstoffärmeren, aus Mehl und Stärke zusammengesetzten Kuchen) gefüttert. Letzterer war in der zweiten und vierten Periode mit Betainlösung angemacht worden, so dass in ihm 2.21 g N in Form von Betain zum Verzehr enthalten war. Die Untersuchung ergab nun, dass während der Betainfütterung mehr Stickstoff zum Ansatz kam. Im Kote wurde kein Betain gefunden, dagegen fanden sich kleine Mengen davon im Harn vor, und zwar in der ersten Betainperiode mehr als in der zweiten, wonach es wahrscheinlich ist, dass diese Substanz im Körper um so energischer dem Zerfall unterliegt, je längere Zeit sie verabreicht wird und je stickstoffärmer die anderen Futtermittel sind. Seine Zersetzungsprodukte bei der Hydrolyse bestehen aus Ammoniak und Dimethylamin, weswegen es möglich ist, dass die nach Betainfütterung im Harn erscheinenden Produkte Harnstoff und methylierter Harnstoff neben nicht näher bestimmten Stickstoffkörpern sein können.

Andrlik und Velich (ebendaselbst 1908, 32. Jahrg., S. 313) haben sich weiter mit der Untersuchung des Nährwertes der Glutamin- und Asparaginsäure befasst. Nach einem vorläufigen Versuche, bei dem die in den Magen eines Hundes eingeführte Glutaminsäure nicht im Harn wieder erschien, wurde zum eigentlichen Versuche geschritten, der in 5 Perioden eingeteilt und mit einem Hammel ausgeführt wurde. Es wurde verabreicht in der I., III. und V. Periode als Grundfutter 500 g Heu und 100 g Mehl und in der II. Periode dazu 20 g Glutamin- und in der IV. Periode 20 g Asparaginsäure in Form des neutralen Natriumsalzes. Beide, die Glutamin- und Asparaginsäure, bewirkten eine stärkere Stickstoff-Retention als das Grundfutter, und zwar die Asparaginsäure eine etwas höhere als die Glutaminsäure. Von beiden Säuren wurden nur unbedeutende Mengen

im Harn ausgeschieden und verursachten auch nur einen unbedeutenden Übergang anderer Aminosäuren in den Harn. Die Eiweissresorption schien durch die Zugabe der Glutaminsäure zum Grundfutter etwas vermindert, durch die Asparaginsäure etwas erhöht worden zu sein.

Im Gegensatz hierzu meint Völtz (Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie 1907, Bd. 116, S. 307) bei einem Hammel gefunden zu haben, dass das Betain als Nhaltiger Nährstoff nicht in Betracht kommen kann. Er fand zuerst, dass das Betain, neben Heu verfüttert, den täglichen Stickstoffverlust in Stickstoffansatz umwandelt, erblickt aber die Ursache hierfür darin, dass es ihm vielleicht nicht geglückt sei, Kotdurchschnittsproben zu erhalten! Deshalb wiederholte er den Versuch und fütterte in der I. Periode 900 g Heu (tägl. Stickstoffansatz = + 0.508 g), in der II. Periode 900 g Heu und 14.35 g Betain (Stickstoffansatz = — 0.588 g), in der III. Periode wieder 900 g Heu (Stickstoffansatz = — 1.406 g). Nach der Zugabe des Betains zum Heu hat sich der Stickstoffgehalt des Harns um dieselbe Menge erhöht, die im verfütterten Betain enthalten war. Daher meint Völtz, dass der Betain-Stickstoff vollständig zur Ausscheidung gelangt. Nach den kalorimetrischen Bestimmungen des Genannten wäre die stickstofffreie Komponente des Betains jedenfalls zum Teil nicht in den Harn übergegangen.

v. Strusiewicz, Völtz und Friedländer haben die nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen nicht einzeln, sondern in Komplexen, wie sie in wirklichen Futtermitteln vorkommen, auf ihren Nährwert geprüft. v. Strusiewicz (Zeitschr. f. Biologie 1906, Bd. 47, S. 143) fütterte in mehreren Versuchsabschnitten an Hammel getrocknete Zuckerrüben und Zucker oder Melasse neben einem möglichst stickstofffreien Rauhfutter (Heu oder Stroh). In einigen Fällen zeigte sich nun, dass die Tiere mehr Eiweiss ansetzten, als sie, nach der Differenz zwischen Futter und Kot zu schliessen, verdaut hatten. Daraus folgert der Versuchsansteller, dass die Amidsubstanzen das Eiweiss „in seiner vollen Leistung ersetzen können“. Gegen diesen Schluss hatte schon Pfeiffer (Mitteilungen der landw. Institute der Universität Breslau 3. Bd., 1906, S. 765) Einspruch erhoben, indem er zeigte, dass das von v. Strusiewicz benützte Futter ein viel zu geringes Maſs von Nährstoffen enthalten hatte, als dass es zu einem so hohen Fleischansatz hätte Veranlassung geben

können, wie er in den besprochenen Versuchen berechnet worden war. Auch W. Völtz (Pflügers Arch. f. d. ges. Phys. 117. Bd., 1907, S. 541), der an einen Hammel Strohhäcksel, Kartoffeln und Melasse verfütterte, schloss aus seinen Ergebnissen, dass die Melasseamide innerhalb weiter Grenzen die Rolle der Proteine im Stoffwechsel der Wiederkäuer im vollen Umfange übernehmen können. Demgegenüber hat O. Kellner (Landw. Vers.-Stat. 68. Bd., 1908, S. 463) darauf aufmerksam gemacht, dass ein grosser Teil des Stickstoffs der Amidsubstanzen offenbar von den Bakterien des Futterbreies beim Wiederkäuer in Eiweiss umgewandelt und im Kote ausgeschieden wird, bei eiweissarmem Futter oft so viel, dass, wie bei v. Strusiewicz und Völtz, im Kote mehr Eiweiss als im Futter enthalten ist; die Differenz zwischen Futter und Kot entspricht dann nicht der verdauten Eiweissmenge und ergibt für letztere erheblich zu niedrige, zuweilen negative Resultate. In Erwägung dieses Umstandes beweisen die Untersuchungen der beiden letztgenannten Versuchsansteller nichts für eine Fähigkeit der verfütterten nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen, das Eiweiss zu vertreten. — Bei mehrfach wiederholten Versuchen Friedländers (Landw. Vers.-Stat. 67. Bd., 1907, S. 283) haben die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen der Melasse, in ihrer Gesamtheit verfüttert, im Gegensatz zu den Schlussfolgerungen von v. Strusiewicz und Völtz keinen Stickstoffansatz bewirkt, obwohl in ihnen so viel Stickstoff zugeführt wurde, dass derselbe, wäre er in Eiweissform verabfolgt worden, sicher zu einem Eiweissansatz ausgereicht hätte. Asparaginzufuhr verringerte in diesen Untersuchungen den Eiweisszerfall im Körper, jedoch in bei weitem geringeren Grade als das wirkliche Eiweiss.

III. Milchproduzierende Wiederkäuer. — Die ersten Versuche zur Erkenntnis des Einflusses der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen auf die Milchproduktion hat Weiske (Zeitschr. für Biologie 1881, Bd. 17, S. 415) ausgeführt. Die zwei ersten Versuchsreihen, zu denen ein Schaf und eine Ziege gedient hatten, besagten nicht viel über die Wirkung des Asparagins, weil sich die Tiere schon in zu fortgeschrittenem Laktationsstadium befanden. Es wurde daher eine dritte Versuchsreihe mit einer frischmilchenden Ziege angestellt, die in allen Perioden als Grundfutter 1000 g Wiesenheu bekam, dazu in der I., III., V. und VII. noch 400 g Kleie, in der II. Periode eine Zugabe von 50 g Asdaragin, 200 g Stärke, 31 g Zucker, 17 g Öl und in

der IV. dieselbe Zugabe ohne Asparagin. Durch Ersatz des Kleieeiweisses in der II. Periode durch Asparagin verminderte sich die Menge der ermolkenen Trockensubstanz um 20 g und durch Ersatz des Kleieeiweisses durch die stickstofffreie Mischung in der IV. Periode um 32 g. Das Asparagin konnte also das Kleieeiweiss nicht in seiner vollen Wirkung vertreten, hat sich aber doch der stickstofffreien Zulage überlegen gezeigt.

Schrodt (Mitteilungen der milchwirtschl. Versuchsstation zu Kiel 1883, Heft 17) hat die Wirkung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen, die in Rüben und Malzkeimen enthalten sind, bei Kühen geprüft und in einer I. und III. Periode dieselbe Menge verdauliches Eiweiss verfüttert, wogegen in der II. Periode ein Teil desselben durch nichteiweissartige Stickstoffverbindungen in der Form von Rüben und Malzkeimen ersetzt wurde. Das Lebendgewicht blieb in der I. und II. Periode konstant, während es in der III. Periode um ca. 34 kg stieg. Die Milchmenge sank in der II. Periode um 3.09 kg gegen die I. und in der III. Periode um 2.56 kg gegen die II. Periode. Aus diesem Ergebnisse schliesst Schrodt, dass ein Teil des Futtereiweisses durch Nichteiweiss vertreten werden könne, ohne der Milchproduktion nennenswerten Abbruch zu tun. Dagegen betont Kühn (Zweckmässigste Ernährung des Rindviehs, 1906, S. 200), dass, wenn die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen in der II. Periode das fehlende Eiweiss wirklich ersetzt hätten, eine Steigerung des Lebendgewichtes zu erwarten gewesen wäre, da die Milchmenge in dieser Periode zurück ging und die Nährstoffe, die sonst der Milchbildung gedient hätten, für andere Zwecke verfügbar geworden wären. Er meint, das Asparagin sei hier als Reizmittel, nicht als Nährstoff wirksam gewesen.

Pfeiffer und seine Mitarbeiter (Mitteilungen der landw. Institute der Königl. Universität Breslau 1905, Bd. 3, S. 179 und 1906, Bd. 3, S. 747) haben in einer I. und II. Versuchsreihe die Wirkung des teilweisen Ersatzes des Eiweisses in einem mässig eiweissreichen Futter durch eine kalorisch gleichwertige Mischung von Asparagin und Rohrzucker, sodann in einer III. Reihe die Wirkung des Zusatzes von Asparagin zu einer Grundfutterration auf die Erzeugung der Milch und ihrer Bestandteile bei Ziegen festzustellen versucht.

I. und II. Versuchsreihe. Die Ergebnisse waren folgende: „Der teilweise Ersatz des Eiweisses in einer mässig eiweissreichen Futterration durch eine kalorisch gleichwertige Mischung von

Asparagin und Rohrzucker bewirkte: 1. keine Verminderung der Milchmenge, 2. eine Abnahme des prozentischen Gehaltes der Milch an Fett, Eiweiss und Trockensubstanz, 3. ein deutliches Sinken der absoluten Fettmenge, 4. eine unwesentliche Veränderung der absoluten Eiweissmenge, 5. einen ungünstigen Einfluss auf die Lebendgewichtszunahme".

Die III. Versuchsreihe ergab, dass die Asparaginzulage „1. die Milchmenge sehr günstig beeinflusst hat, und zwar mutatis mutandis wie die Eiweiss- (Aleuron-) Zulage, 2. eine Vermehrung der Trockensubstanzmenge veranlasst hat, wenn auch scheinbar in einem etwas geringeren Grade wie die Aleuronatzulage; die Unterschiede sind aber jedenfalls nur minimaler Art, 3. eine sehr geringfügige Erhöhung der Fettmenge herbeigeführt hat, die aber auch von der Aleuronatzulage nicht wesentlich übertroffen wird". Da aber die Tiere während der Asparaginfütterung deutliche Verluste an ihrem Körpergewichte erlitten hatten, meint Pfeiffer, dass das Asparagin kein Nährstoff sei, sondern die Milchbildung auf Kosten der Körpersubstanz gefördert habe.

Über die Wirkung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen, die in jungem Grase vorkommen, hat A. Morgen (Landw. Versuchs-Stationen 65. Bd., 1907, S. 413) Untersuchungen mit Ziegen und Schafen ausgeführt, die auf 1000 kg Lebendgewicht täglich eine mittlere Menge verdauliches Rohprotein (2.55 kg) bei durchschnittlich 19.4 kg verdaulichen stickstofffreien Nährstoffen erhielten. Dieses Futter wurde in der Anfangs- und Schlussperiode der Versuche verabreicht, während in der Zwischenzeit in der II. Periode 0.7—0.8 kg Rohprotein durch eine im Stickstoffgehalte gleiche Menge Grasextrakt und in der III. Periode durch Kohlehydrate ersetzt wurde. Am günstigsten wirkte dabei das Eiweiss (I. und IV. Periode) auf die Milchabsonderung ein, während die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen des Grases das Eiweiss nicht ersetzen konnten, aber besser gewirkt haben wie die Kohlehydrate. — In einer 2. Versuchsreihe desselben Forschers (Landw. Vers.-Stat. 68. Bd., 1908, S. 333) mit im ganzen 7 Schafen wurden nochmals die nichteiweissartigen N-Substanzen des jungen Grases und daneben auch die der Malzkeime, beide in Form von wässrigen Extrakten aus diesen Futterstoffen, geprüft und ferner auch das Asparagin und Ammoniumacetat zu der Untersuchung herangezogen. Auch hier wurde die Milchproduktion am günstigsten durch das Eiweiss beeinflusst; ihm folgte das Ammoniumacetat, dann kam das

Asparagin und die schon genannten Extrakte und endlich die Kohlehydrate, die am wenigsten gewirkt hatten. Unter den beiden Extrakten war das aus jungem Grase dem aus Malzkeimen deutlich überlegen.

Bei Untersuchungen der vorliegenden Art kommt es nun sehr darauf an, von welchen Eiweissmengen man bei der Fütterung ausgeht. Reicht man mehr von diesem Nährstoff, als zur Lebenderhaltung und zur höchstmöglichen Milchleistung erforderlich ist, so braucht der teilweise Ersatz des Eiweisses durch irgendeinen minderwertigen Stoff nicht ohne weiteres in der Milchproduktion zum Ausdruck zu kommen. Um die Wirkung nichteiweissartiger, stickstoffhaltiger Stoffe mit der der Eiweisskörper zu vergleichen, muss man daher von einer Eiweissgabe ausgehen, bei der die Tiere entweder gerade noch auskommen oder schon Eiweiss vom Körper zuschiessen müssen. Diesen Erwägungen folgend, hat O. Kellner (Fühlings Landw. Zeitung 56. Jahrg., 1907, S. 589 und Ernährung der landw. Nutztiere, 1907, 4. Aufl., S. 539) Untersuchungen mit Milchkühen angestellt. Zunächst wurde durch allmählichen Abzug von Eiweiss der Punkt ermittelt, bei dem die Kühe sich ungefähr im Stickstoffgleichgewicht befanden, und darauf ein Teil des verdaulichen Eiweisses durch Ammoniumacetat ersetzt. Während dieses letzteren Versuchsabschnittes waren von einer Kuh täglich 84.26 g Stickstoff verdaut worden, im Futter waren aber 62.03 g Stickstoff in Form nichteiweissartiger Verbindungen einschliesslich 26.91 g Stickstoff in Form von Ammoniak vorhanden. Bei der bis noch vor kurzem üblichen Annahme, dass die nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen, weil in Wasser vollständig löslich, ohne Rest verdaut werden, berechnet sich, dass der verdaute Stickstoff nur zu 22.23 g in Form von Eiweiss vorhanden war, während in der Milch 53.37 g Stickstoff ausgeschieden waren und der Körper dazu nur einen Zuschuss von 1.96 g geleistet hatte. Nach dieser Betrachtung schien es, dass hier in der Tat die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen zur Erzeugung von Milcheiweiss benützt worden waren. Die weitere Verfolgung dieser Beobachtung lehrte jedoch, dass dieser Schluss nicht aufrecht zu erhalten ist. Es zeigte sich nämlich, dass ein sehr beträchtlicher Teil des Nichteiweiss-Stickstoffs nach seiner Umwandlung in Speisebrei in Form von Eiweiss im Kote erschien, also nicht von dem Nahrungseiweiss herrührte. Demzufolge war die Berechnung der aus dem Futter wirklich verdauten Eiweissmenge zu modifizieren. Zieht man nun den

Teil Koteiweiss, der aus den nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen stammt, vom gesamten Koteiweiss ab, so ergibt sich, wie O. Kellner (Chem.-Ztg. 1908, No. 77, S. 915) dargelegt hat, dass bei keiner seiner Untersuchungen es gelang, in der Milch mehr Eiweiss zu erhalten, als wirklich verdaut wird; immer fand der genannte Forscher, dass in der Milch sogar etwas weniger Stickstoff gefunden wird, als in der Form von Eiweiss aus der Nahrung oder aus dem Körper dem Tiere zur Verfügung steht. Die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen können daher nicht in einer Weise umgewandelt werden, die sie für den Übergang in Milchprotein geeignet macht. Mit diesem letzteren Schlusse stehen auch die ausgedehnten Untersuchungen des Dänischen Versuchslaboratoriums zu Kopenhagen (Zentralblatt für Agrikulturchemie 1908, S. 393) in befriedigender Übereinstimmung. Wenn auch bei diesen letzteren Arbeiten die schon erwähnte Ausscheidung in Eiweiss umgewandelter nichteiweissartiger Stickstoffverbindungen keine Berücksichtigung gefunden hat, so kamen die dänischen Forscher doch zu dem Schlusse, dass die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen des Futters — es waren hier meist viel Rüben neben Stroh, wenig Heu und Baumwollsaatmehl verfüttert worden — weder an der Fleisch- noch an der Milchbildung beteiligt sind und nur einen Teil des Stickstoffs liefern können, der zur Lebenderhaltung der Tiere dient.

Fütterungsversuche mit Vögeln.

Versuche mit Hühnern hat Weiske (Zeitschr. f. Biologie 15. Bd., 1879, S. 261) ausgeführt, indem er den Tieren neben stickstofffreier Nahrung in einem ersten Versuchsabschnitte Eiweiss, in einem zweiten Asparagin und Leim und in einem dritten Leim verabreichte. Wegen ungenügenden Verzehrs des vorgelegten Futters blieben die Ergebnisse unentschieden. Der genannte Forscher wiederholte die Untersuchungen darauf mit zwei Gänsen (Zeitschr. f. Biologie 17. Bd., 1881, S. 415). Beide Tiere erhielten Nudeln mit einem gesamten Gehalte an Stickstoff von 4.70 bezw. 2.35 g, teils ganz in der Form von Kleie, teils zur Hälfte aus Leim bezw. Asparagin. Zwar schliesst Weiske aus seinen Ergebnissen auf eine eiweisssparende Wirkung, indessen dürften seine Beobachtungen doch einer weiteren Prüfung zu unterziehen sein, weil er die Exkremente der Tiere vor der Stickstoffbestimmung trocknete und hierbei vermutlich nicht be-

rücksichtigt hat, dass der Kot bei höherer Temperatur Stickstoffverluste erleidet; er gibt wenigstens nicht an, dass er diesen Verlusten vorgebeugt hätte. — In einer dritten Reihe mit einem Gänserich verglich WEISKE (Zeitschr. f. Biologie 20. Bd., 1884, S. 277) ein eiweissreiches Futter, das Fleischmehl und Kleie enthielt (No. I) mit Mischungen, in denen der Fleischmehlstickstoff durch Amidobernsteinsäure (No. II) bezw. Bernsteinsäureamid (No. III) ersetzt war. Hierbei wurde an Stickstoff verzehrt bei dem Futter No. I 3.572 g, No. II 3.420 g und No. III 3.667 g; angesetzt bezw. vom Körper abgegeben wurde bei No. I + 0.930 g, No. II — 0.081 g und No. III + 0.101 g. Die Überlegenheit des Eiweisses springt hier deutlich in die Augen. Auf die Unterschiede zwischen den beiden Amidsubstanzen wird man kein Gewicht legen können, da die Versuche mit ihnen nur je 3 Tage dauerten und die Unterschiede im Stickstoffgehalt des Kotes der einzelnen Tage sich dabei kaum ausgeglichen haben dürften. — BALDI (Chemisches Zentralblatt 1893, I. Bd., S. 892) fütterte eine Taube mit Stärke, Asparagin und verschiedenen Salzen; nach 27 Tagen ging das Tier zugrunde und hatte bis dahin an Gewicht im ganzen 22 %, aber etwas weniger verloren als verhungerte Tiere, was jedenfalls auf Rechnung der Verabreichung der Stärke zu setzen ist.

Aus den Ergebnissen aller dieser Versuche, die bisher über die Wirkung nichteiweissartiger Stickstoffverbindungen angestellt und im vorstehenden in möglichster Vollständigkeit vorgeführt worden sind, lässt sich nun folgendes schliessen:

1. Die Spaltungsprodukte aus Eiweiss, die bei vollständiger Zerlegung desselben durch Fermente erhalten werden, in ihrer Gesamtheit verfüttert, sind bei Karnivoren und Omnivoren imstande, bei sonst kohlehydratreicher Nahrung das Nahrungseiweiss vollständig zu vertreten.
2. Einzelne Spaltungsprodukte des Eiweisses, die bei der Säurehydrolyse erhalten werden, können beim Fleischfresser und omnivoren Tiere das Nahrungseiweiss nicht ersetzen, verhalten sich vielmehr indifferent.
3. Beim Wiederkäuer zeigen einzelne nichteiweissartige Stickstoffverbindungen (Asparagin, Asparagin- und Glutaminsäure, Ammoniumacetat), einem eiweissarmen, aber kohlehydrat-

reichen Futter zugelegt, eine gewisse Wirkung auf den Eiweissansatz, indem sie diesen erhöhen. Sie werden aber in dieser Beziehung allem Anscheine nach von dem wirklichen Nahrungseiweiss bei weitem übertroffen. Beim karnivoren oder omnivoren Tiere verhalten sie sich, was den Eiweissansatz betrifft, entweder indifferent oder steigern (bei den Karnivoren) den Eiweissumsatz.

4. Die in den Futtermitteln vorkommenden Gemische nichteiweissartiger Stickstoffverbindungen (Amide von Kartoffeln, Runkelrüben, Extrakte aus Keimlingen usw.) bleiben bei Kaninchen bezw. omnivoren Tieren wirkungslos, während sie bei den Wiederkäuern je nach ihrer Natur eine verschiedene Wirkung ausüben.

Das zuerst beim Asparagin beobachtete verschiedene Verhalten der Fleischfresser und Wiederkäuer hat nun N. ZUNTZ (Archiv f. d. gesamte Physiologie 49. Bd., 1891, S. 483) zu einer Hypothese geführt, die an die verschiedene Organisation des Verdauungsschlauches bei diesen beiden Tiergruppen anknüpft. Da man kaum annehmen kann, dass das Vermögen der Zellen, gewisse Stoffe zu verarbeiten, beim Fleischfresser anders sein kann als beim Wiederkäuer, so glaubte ZUNTZ die Ursache der verschiedenen Wirkung des Asparagins aus der Tätigkeit der Bakterien im Futterbrei erklären zu können, die beim Wiederkäuer ja eine sehr viel ausgedehntere ist wie beim Fleischfresser. Bei Gegenwart von Asparagin und ähnlichen Stickstoffverbindungen, die den Spaltpilzen zur Nahrung dienen können, bleibt das verdauliche Eiweiss beim Wiederkäuer in grösserem oder geringerem Umfange vor den Angriffen dieser Pilze geschützt und kann daher in grösserer Menge resorbiert und verwertet werden, als wenn passende nichteiweissartige N-Substanzen hierfür nicht oder nur unzureichend zur Verfügung stehen. Beim Fleischfresser hingegen, der bei gewöhnlicher Kost in seinem Magen-Darmkanal eine viel geringere Zahl von Spaltpilzen beherbergt, kann die Schutzwirkung der nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen nicht in gleichem Maſse hervortreten. Da nun die Bakterien, die auf Kosten des Asparagins und anderer stickstoffhaltiger Stoffe dieser Art leben, Eiweiss in ihren Leibern aufspeichern, so meinte HAGEMANN (Landw. Jahrbücher 20. Bd., 1891, S. 264), dass dieses Eiweiss vielleicht nach dem Absterben der Bakterien verdaut und als Ersatz für Nahrungseiweiss dienen könne. Inzwischen ist experimentell bewiesen worden,

dass sich unter der Mitwirkung der Bakterien im Futterbrei der Wiederkäuer in der Tat eine Eiweisssynthese vollzieht (Müller, Archiv f. d. gesamte Physiologie 112. Bd., 1906, S. 245), dass aber ein grosser Teil dieses Eiweisses oder vielleicht die gesamte Menge desselben ungenützt in den Kot übergeht (Friedländer, Landw. Versuchs-Stationen 67. Bd., 1907, S. 283; A. Morgen, ebenda 68. Bd., 1908, S. 333; O. Kellner, ebenda 68. Bd., 1908, S. 463). Da das lebende Eiweiss der Bakterien von den Verdauungssäften nicht angegriffen wird und ein Massensterben dieser Organismen im Magen-Darmkanal nicht erwiesen ist (Friedländer, a. a. O.), so ist es fraglich, ob dem Tierkörper in der von Hagemann angedeuteten Weise ein nennenswerter Vorteil erwächst. Vielleicht aber secernieren die Bakterien, wie auch Morgen meint (diese Zeitschr. 68. Bd., 1908, S. 381), verwertbare Stickstoffsubstanz irgend welcher Art. Nach den Beobachtungen von O. Kellner (Chemiker-Zeitung 1908, No. 77, S. 915) kann die Erzeugung verwertbaren Eiweisses durch die Bakterien des Futterbreies nur einen sehr beschränkten Umfang annehmen, da es trotz reichlicher Zufuhr von Asparagin und Ammonacetat nur gelang, Stickstoffgleichgewicht, aber keinen Stickstoffansatz zu erzielen. O. Kellner ist dabei der Ansicht, dass die Umwandlung der genannten Stoffe in den Verdauungsorganen vielleicht gar nicht bis zum Aufbau von Eiweiss zu kommen braucht, sondern dass dabei Stoffe entstehen, die zwar die Aufgaben des Eiweisses bei der Erhaltung der Tiere erfüllen, zur Fleischbildung aber nicht dienen können.

Da nun die Frage, wie sich die in Futtermitteln vorkommenden Gemische stickstoffhaltiger Stoffe nichteiweissartiger Natur in bezug auf die Stickstoffversorgung der Wiederkäuer verhalten, noch wenig geklärt ist, so sind hierüber die nachstehend beschriebenen Untersuchungen ausgeführt worden.

II. Ausführung der Versuche.

Zwei noch wachsende, 7 Monate alte Lämmer, die noch gemeinsam mit einem dritten Lamm, das als Reservetier diente, aus einer Herde ausgewählt worden waren, wurden schon anfangs Dezember 1907 in die Zwangsställe gebracht und mit Harntrichter und Kotbeutel versehen, damit sie bis zum Beginn der eigentlichen Versuche, anfangs Januar, sich vollständig an die Versuchseinrichtungen gewöhnten.

Der ganze Versuch wurde in 10 grösstenteils 10tägige Perioden geteilt, und zwar wurden die einzelnen Perioden deswegen auf 10 Tage ausgedehnt, um die natürlichen Schwankungen in der Kot- und Harnausscheidung möglichst auszugleichen. In der I. und X. Periode wurde ein eiweissarmes, kohlehydratreiches Grundfutter, bestehend aus Wiesenheu, Stärkemehl und Zucker, gefüttert, bei dem sich die Tiere vollständig im Stickstoffgleichgewichte befanden. In den Perioden II—IX wurde dann zum Grundfutter noch ein Beifutter zugegeben, dessen Stickstoffgehalt und Stärkewert ungefähr in allen diesen Perioden gleich war, nur mit dem Unterschiede, dass amidreiche Futtermittel und Klebermehl miteinander wechselten. Um dabei den Stärkewert in den einzelnen Perioden gleichzuhalten, wurde stets eine dem Stärkewert der Zulagen entsprechende Menge Stärkemehl bezw. Zucker vom Grundfutter abgezogen. Die Zulagen bestanden in der II. Periode aus Melasseschnitzeln, in der IV. aus Malzkeimextrakt, in der VI. aus Kartoffelflocken und in der VIII. aus einem Extrakt von jungen Wiesenpflanzen. In den zwischenliegenden Perioden III, V, VII, IX diente Klebermehl als eiweissreiches Beifutter. Bei dieser Aufeinanderfolge des Futters konnte man die Wirkung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen mit der Wirkung des Eiweisses stets zahlenmässig vergleichen. Dabei war die Stickstoffzufuhr in der II.—IX. Periode absichtlich niedrig gehalten worden, um eine möglichst hohe Verwertung der stickstoffhaltigen Stoffe zum Ansatz zu erzielen.

Die täglichen Futterportionen, einschliesslich 6 g Salz, wurden stets für die ganze Periode auf einmal ausgewogen und dabei Proben zur Trockensubstanz genommen. Ausserdem wurde von jedem Futtermittel eine Generalprobe genommen, die dann fein gemahlen zur Analyse diente. Die tägliche Futterration wurde in 3 Teile geteilt, die um 7 Uhr früh, um 11 Uhr vormittags und um 5 Uhr nachmittags verfüttert und immer vollständig verzehrt wurden. Die Aufnahme von Tränkwasser war in das Belieben gestellt und das Gewicht der verzehrten Menge durch Wägung ermittelt worden. Die Stalltemperatur wurde 3mal täglich notiert. Alle diese Beobachtungen sind in den später vorzuführenden Tabellen niedergelegt.

Der im Laufe von 24 Stunden (von 7 Uhr bis 7 Uhr früh des nächsten Tages) ausgeschiedene Kot und Harn wurde in tarierten Flaschen gesammelt und gewogen. Der Harn reagierte sauer, so dass Stickstoffverluste nicht zu befürchten und eine

Zugabe von Salzsäure zum Harn nicht nötig war. Nach dem Abwiegen wurde der Harn auf 1 bezw. 2 l mit Wasser aufgefüllt und davon 10, event. 20 ccm zur Stickstoffbestimmung verwendet, wobei KJELDAHLS Methode unter Benutzung von konzentrierter Schwefelsäure, Phosphorsäureanhydrid und eines Tropfens Quecksilber angewandt wurde. Jede Stickstoffbestimmung wurde 3fach ausgeführt und von diesen 3 immer gut übereinstimmenden Bestimmungen der Durchschnitt genommen.

Der Kot wurde nach dem Wägen gut durchgemischt und der 10. Teil der in 24 Stunden ausgeschiedenen Menge in 2 tarierten Schälchen abgewogen, 3 Tage zwischen 60—70° getrocknet und dann 7—10 Tage an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen. Darauf wurde der in dieser Weise lufttrocken gemachte Kot der ganzen Periode gewogen, gemischt, rasch grob gemahlen und sein Gehalt an Trockensubstanz durch Trocknen im Wasserstoffstrom bei 100° C. ermittelt. Zum Zwecke der chemischen Analyse wurde der lufttrockene Kot fein gemahlen und darin ebenso wie in den verwendeten Futtermitteln die Trockensubstanz im Wasserstoffstrom, das Fett nach SOXHLET, das Rohprotein nach KJELDAHL, das Reineiweiss nach BARNSTEIN und Rohfaser nach HENNEBERG und STOHMANN, sowie die Reinasche bestimmt. Die Fett-, Reinasche- und Eiweissbestimmung wurde stets doppelt, die Rohfaserbestimmung vierfach und Rohproteinbestimmung fünffach ausgeführt. Ausserdem wurde jeden Tag der Stickstoff im frischen Kot ermittelt, weil sich gezeigt hatte, dass durch Trocknen des Kotes Stickstoffverluste eintreten können.

I. Periode (Grundfutter).

Die Lämmer, die seit Anfang Dezember 1907 ausschliesslich Heu erhalten hatten, wurden allmählich an die Aufnahme von Stärkemehl und Rohrzucker gewöhnt und die Ration nach und nach auf ihre volle Höhe gebracht. Vom 12. Januar 1908 an verzehrten die Tiere: 600 g Wiesenheu, 250 g Stärkemehl und 100 g Zucker. Vom 14. an wurde der Harn quantitativ gesammelt, und nachdem keine Schwankungen im Stickstoffgehalte mehr bemerkbar waren, wurde am 19. mit der quantitativen Aufsammlung des Kotes angefangen. Nach den mikroskopischen Untersuchungen des Kotes fand sich in demselben während der I. und X. Periode deutlich etwas Stärke vor, in den übrigen Perioden war der Kot jedoch vollkommen stärkefrei.

Über die Veränderung des Lebendgewichts, die Stalltemperatur, den Tränkwasserkonsum, Kot- und Harnausscheidung und Stickstoffausscheidung im Harn und frischen Kot gibt die Tabelle I Auskunft.

Tabelle I.

Periode I. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
14. Januar	—	—	—	681.1	2.55	—	—	—	—
15. „	—	—	—	776.9	2.66	—	—	—	—
16. „	—	—	—	888.7	2.87	—	—	—	—
17. „	—	—	—	843.3	2.67	—	—	—	—
18. „	—	—	—	831.9	2.46	—	—	—	—
19. „	18.1	1688	32.2	949.7	2.37	924.9	28.31	261.8	—
20. „	16.9	2023		614.9	2.50	948.9	27.85	264.3	5.93
21. „	17.7	1762		760.2	2.57	1121.2	26.74	299.8	7.06
22. „	17.4	1994		802.2	2.47	1091.2	27.87	304.1	7.43
23. „	16.5	1807		679.9	2.57	1217.2	26.22	319.1	6.96
24. „	17.2	1852		687.2	2.55	1172.1	27.67	324.3	6.84
25. „	17.2	1952		850.8	2.55	1191.7	25.94	309.1	6.73
26. „	16.9	1456		679.1	2.41	1152.7	27.07	312.0	6.83
27. „	17.1	2244		784.2	2.54	1081.2	27.61	298.5	6.43
28. „	16.7	2031	32.9	1047.0	2.48	1177.1	27.30	321.4	7.03
Im Durchschnitt:	**17.2**	**1881**	**32.6**	**791.81**	**2.55**	**1107.8**	**27.21**	**301.4**	**6.80**
Periode I. Lamm II.									
14. Januar	—	—	—	768.0	2.56	—	—	—	—
15. „	—	—	—	687.8	2.58	—	—	—	—
16. „	—	—	—	697.5	2.51	—	—	—	—
17. „	—	—	—	506.0	2.16	—	—	—	—
18. „	—	—	—	869.4	2.77	—	—	—	—
19. „	18.1	2220	33.4	670.5	2.65	1264.7	23.04	291.4	—
20. „	16.9	1915		585.4	2.48	1255.0	22.57	283.3	6.54
21. „	17.7	2121		808.9	2.64	1263.0	23.06	291.2	6.75
22. „	17.4	1856		720.0	2.60	1352.1	21.44	289.9	6.99
23. „	16.5	1930		751.0	2.58	1287.0	22.11	284.6	6.43
24. „	17.2	2131		844.8	2.56	1293.6	22.10	285.9	6.62
25. „	17.2	2035		758.6	2.48	1224.6	23.64	289.5	6.40
26. „	16.9	2060		745.9	2.45	1438.2	22.54	324.1	7.64
27. „	17.1	2070		908.5	2.45	1363.2	22.38	305.1	6.91
28. „	16.7	2177	33.5	932.9	2.43	1340.8	21.86	293.1	7.43
Im Durchschnitt:	**17.2**	**2052**	**33.5**	**757.0**	**2.53**	**1308.2**	**22.46**	**293.8**	**6.86**

Die prozentische Zusammensetzung der Futtermittel und des Kotes, auf wasserfreie Substanz bezogen, war folgende:

	Wiesen-heu	Stärke-mehl	Zucker	Darmkot: Lamm I.	Darmkot: Lamm II.
Rohprotein	11.13	0.38	0.46	13.75	13.96
Stickstofffr. Extraktst.	50.62	99.22	99.49	45.28	43.46
Fett (Ätherextrakt) .	2.07	0.06	—	2.49	2.39
Rohfaser	27.07	—	—	27.28	28.09
Asche	9.11	0.34	0.05	11.20	12.10
Eiweiss	9.56	0.38[1]	—	12.19	12.57
Gesamt-Stickstoff . .	1.78	0.06	0.07	2.20	2.23

Aus den nunmehr angegebenen Daten über die Menge und Zusammensetzung des Futters und Kotes ergibt sich folgende Tabelle II, in der angegeben ist, wieviel von den einzelnen Nährstoffen täglich aufgenommen und verdaut wurde.

Tabelle II.

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	Stickstoff-freie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
I. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	515.6	468.6	57.4	260.9	10.7	139.6	49.3
250 „ Stärkemehl	199.4	198.7	0.8	197.8	0.1	—	0.8
100 „ Zucker . .	99.7	99.7	0.1	99.6	—	—	—
Gesamtverzehr:	814.7	767.0	58.3	558.3	10.8	139.6	50.1
Im Kot	301.4	267.7	41.4	136.6	7.5	82.2	36.7
Verdaut:	513.3	499.3	16.9	421.7	3.3	57.4	13.4
In Prozenten:	63.0	65.1	28.8	75.6	30.5	41.1	26.8
I. Periode, Lamm II.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	814.7	767.0	58.3	558.3	10.8	139.6	50.1
Im Kot	293.8	258.3	41.0	127.8	7.0	82.5	36.9
Verdaut:	520.9	508.7	17.3	430.5	3.8	57.1	13.2
In Prozenten:	63.9	66.3	29.6	77.1	35.2	40.9	26.4

[1]) Der Stickstoff der Stärke wurde immer als Eiweissstickstoff betrachtet, der Stickstoff des Zuckers als Nichteiweissstickstoff.

Die gesamte Aufnahme an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert ist aus folgenden Zahlen zu ersehen.

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstofffreie Nährstoffe[1] g	Stärke-wert[2] g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstofffreie Nährstoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	16.9	13.4	486.4	392.1	0.52	0.41	14.92	12.03
„ II . .	17.3	13.2	496.0	401.4	0.52	0.39	14.81	11.98

Nach Kellners Fütterungsnormen (Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere 4. Aufl., S. 602) soll das Erhaltungsfutter für kleinere Rassen von Schafen 1.5 kg verdauliches Rohprotein, 1.2 kg verdauliches Eiweiss und 9.0 kg Stärkewert pro 1000 kg Lebendgewicht enthalten. Verglichen hiermit, übertrifft die oben erwähnte Ration, was den Stärkewert anbelangt, den Bedarf der Tiere an stickstofffreien Nährstoffen recht erheblich, ist aber arm an Eiweiss, dessen Menge eben zur blossen Lebenderhaltung ausreichte.

Der Umsatz und Ansatz an Stickstoff ergibt sich nun aus folgender Rechnung:

	Lamm I:			Lamm II:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	9.38	8.01	1.37	9.38	8.01	1.37
„ Kot	6.80	5.88	0.92	6.86	5.91	0.95
Verdaut:	2.58	2.13	0.45	2.52	2.10	0.42
Im Harn	2.55	—	—	2.53	—	—
Angesetzt:	+ 0.03	—	—	— 0.01	—	—

[1]) Stickstofffreie Nährstoffe = verdaute stickstofffreie Extraktstoffe + verdaute Rohfaser + verdautes Fett × 2.4.

[2]) Stärkewert = verdautes Eiweiss × 0.94 + verdautes Fett × 1.91 + verdaute stickstofffreie Extraktstoffe + verdaute Rohfaser — (verzehrte Heu-Rohfaser × 0.58 + verzehrter Zucker × 0.25).

Die Grundfutterration: 600 g Wiesenheu, 250 g Stärkemehl und 100 g Zucker reichte also gerade aus, um Stickstoffgleichgewicht zu erzielen, während der Eiweissbedarf für das Wollwachstum vom Körper bestritten werden musste.

II. Periode (Melasseschnitzel).

Die tägliche Ration stellte sich in dieser Periode auf 600 g Wiesenheu, 160 g Stärkemehl und 300 g Melasseschnitzel. Die Menge des zu verabreichenden Stärkemehls ergab sich aus folgender Rechnung: 300 g lufttrockene Melasseschnitzel = 150 g Stärkewert. 250 g luftrockenes Stärkemehl + 100 g Zucker = 200 + 75, zusammen 275 g Stärkewert. Danach waren noch 275 — 150 g = 125 g Stärkewert durch das Stärkemehl zu ersetzen; das entspricht 160 g Stärkemehl in lufttrockenem Zustande. Die lufttrockenen Melasseschnitzel enthielten 37.80 % Melasse, in der der grösste Teil der Stickstoffsubstanz (Kellner, Die Ernährung der landw. Nutztiere 4. Aufl., S. 365) aus nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen (Betain, Glutaminsäure, Asparaginsäure, Leucin, Isoleucin, Ammoniak usw.) besteht. Unter diesen herrscht das Betain vor (Staněk, Zentrallbatt f. Agrikulturchemie 1907, 36. Jahrg., S. 142).

Nach allmählichem Übergange war am 29. Januar die volle Ration erreicht. Vom 3. Februar an wurde der Harn und vom 4. an der Kot quantitativ gesammelt.

Über die Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum, Lebendgewicht, Harn- und Kotmenge und Harn- und Kotstickstoffausscheidung gibt die Tabelle III (S. 424) Auskunft.

Die Analyse der Futtermittel und des Kotes ergab folgende prozentische, auf Trockensubstanz berechnete Zusammensetzung:

	Wiesenheu	Melasseschnitzel	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm II
Rohprotein	11.13	9.24	14.68	14.43
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	69.33	43.06	42.13
Fett (Ätherextrakt)	2.07	0.21	3.22	3.25
Rohfaser	27.07	13.62	24.88	25.88
Asche	9.11	7.60	14.16	14.31
Eiweiss	9.56	6.15	13.49	13.19
Gesamt-Stickstoff	1.78	1.48	2.35	2.31

Tabelle III.

Periode II. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
3. Februar	—	—		833.6	3.00	—	—	—	—
4. „	16.2	2448	33.2	1113.5	3.47	1408.9	24.87	350.4	8.58
5. „	17.2	2391		1060.1	3.41	1426.5	24.00	342.3	7.97
6. „	17.9	2473		1073.7	3.02	1215.3	24.31	295.5	7.35
7. „	17.8	2932		1078.8	3.22	1331.4	24.41	325.0	7.94
8. „	18.2	2657		—[1]	—[1]	1363.8	24.07	328.2	8.03
9. „	17.3	2769		1183.5	3.48	1300.3	24.64	320.4	7.63
10. „	17.3	2789		1132.2	3.42	1297.6	23.82	309.1	7.64
11. „	16.3	2718		1309.3	3.60	1440.9	24.04	346.4	8.43
12. „	17.9	2655		1180.7	3.34	1390.9	23.78	330.8	8.35
13. „	18.6	2615	34.0	1014.3	3.27	1236.8	24.09	297.9	7.61
Im Durchschnitt:	**17.5**	**2645**	**33.6**	**1098.0**	**3.32**	**1341.2**	**24.20**	**324.6**	**7.95**

Periode II. Lamm II.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
3. Februar	—	—		1316.2	3.38	—	—	—	—
4. „	16.2	2812	34.2	840.0	3.02	2176.8	17.06	371.4	8.99
5. „	17.2	3180		914.9	3.14	2172.0	16.32	354.5	8.51
6. „	17.9	3021		863.5	3.20	2245.3	16.18	363.5	8.87
7. „	17.8	3401		1007.7	3.31	2032.9	16.90	343.5	8.11
8. „	18.2	2915		—[1]	—[1]	2004.8	17.36	348.0	8.74
9. „	17.3	3104		972.6	3.43	1777.3	18.15	322.6	7.89
10. „	17.3	2824		995.3	3.50	1773.5	17.29	306.6	7.45
11. „	16.3	2814		984.6	3.52	1850.3	17.25	319.1	8.10
12. „	17.9	3052		1004.3	3.42	1947.8	17.14	333.8	8.67
13. „	18.6	3235	34.4	861.4	3.46	1820.2	16.26	296.0	7.68
Im Durchschnitt:	**17.5**	**3036**	**34.3**	**979.9**	**3.34**	**1980.1**	**16.96**	**335.9**	**8.30**
				Vom Kotbeutel abgewaschen				1.6	0.04
								337.5	**8.34**

Aus den bisher gewonnenen Daten ist nun die Tabelle IV zusammengestellt, die uns das Bild gibt, wieviel an Nährstoffen täglich aufgenommen und verdaut wurde. Nach diesen Zahlen hat sich durch die Beigabe der Melasseschnitzel die Verdauung des Rohproteins und der Rohfaser gegenüber der I. Periode erhöht, die

[1]) An diesem Tag ist der Harn teilweise verloren gegangen.

Verdauung des Fettes etwas herabgedrückt. Die Verdauung der stickstofffreien Extraktstoffe blieb unverändert.

Tabelle IV.

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	Stickstoff-freie Extraktstoffe g	Fett (Äther-extrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
II. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	515.6	468.6	57.4	260.9	10.7	139.6	49.3
160 „ Stärkemehl	127.4	126.9	0.5	126.3	0.1	—	0.5
300 „ Melasse-schnitzel	268.5	248.1	24.8	186.1	0.6	36.6	16.5
Gesamtverzehr:	911.5	843.6	82.7	573.3	11.4	176.2	66.3
Im Kot	324.6	278.7	47.6	139.8	10.5	80.8	43.8
Verdaut:	586.9	564.9	35.1	433.5	0.9	95.4	22.5
In Prozenten:	64.4	67.0	42.4	75.6	7.9	54.2	33.9
II. Periode, Lamm II.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	911.5	843.6	82.7	573.3	11.4	176.2	66.3
Im Kot	337.5	289.2	48.7	142.1	11.0	87.4	44.5
Verdaut:	574.0	554.4	34.0	431.2	0.4	88.8	21.8
In Prozenten:	63.0	65.7	41.1	75.2	3.5	50.4	32.9

Über die gesamte Aufnahme an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert geben uns die folgenden Zahlen Auskunft.

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nährstoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nährstoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	35.1	22.5	530.9	435.7	1.04	0.67	15.80	12.97
„ II . .	34.0	21.8	520.9	425.2	0.99	0.64	15.19	12.65

Auch hier erreicht die Menge des verdaulichen Rohproteins lange nicht den Betrag der Fütterungsnormen, was für die Wirkung der nichteiweissartigen Stoffe sehr günstig ist.

Die Stickstoffbilanz der II. Periode ergibt sich aus der folgenden Tabelle.

	Lamm I:			Lamm II:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	13.23	10.61	2.62	13.23	10.61	2.62
„ Kot	7.95	7.00	0.95	8.34	7.12	1.22
Verdaut:	5.28	3.61	1.67	4.89	3.49	1.40
Im Harn	3.32	—	—	3.34	—	—
Angesetzt:	+ 1.96	—	—	+ 1.55	—	—

Die Bedeutung dieser Zahlen wollen wir später näher erörtern.

III. Periode (Klebermehl).

In dieser Periode wurde versucht, den verdaulichen Stickstoff der Melasseschnitzel durch verdaulichen Stickstoff in Form von Klebermehl zu ersetzen. Die verdaute Menge des Melasseschnitzelstickstoffs wurde aus der Differenz zwischen der II. und der I. Periode ermittelt. Sie beträgt bei Lamm I: 2.70 g N und bei Lamm II: 2.37 g N. Die Verdaulichkeit des Kleberstickstoffs wurde auf 80 % des gesamten Stickstoffgehalts geschätzt. So wurde die Menge des Klebermehls für Lamm I auf 25 g (3.35 g N) und für Lamm II auf 22 g (2.94 g N) in lufttrockenem Zustande berechnet. Von der Menge des Stärkemehls der Grundfutterration wurden 25 g für Lamm I und 22 g für Lamm II abgezogen, um den Stärkewert des Futters nicht zu ändern.

Die volle Ration in der III. Periode war also beim Lamm I: 600 g Wiesenheu, 225 g Stärkemehl, 25 g Klebermehl und 100 g Zucker, beim Lamm II: 600 g Wiesenheu, 228 g Stärkemehl, 22 g Klebermehl, 100 g Zucker. Sie wurde nach eintägigem Übergange ohne Rest verzehrt. Vom 19. Februar an wurden der Harn und Kot quantitativ gesammelt.

Über die Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum, Lebendgewicht, Harn- und Kotmenge und über die tägliche Ausscheidung des Stickstoffes durch Harn und Kot belehrt die nachstehende Tabelle V.

Tabelle V.

Periode III. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
19. Februar	17.6	2270	34.6	868.2	2.81	1104.8	25.56	282.4	7.09
20. „	18.1	2526		1085.4	2.81	1223.4	23.58	288.5	7.03
21. „	18.3	2553		1030.7	2.68	1393.0	22.77	317.2	8.07
22. „	17.7	2562		1054.5	2.64	1202.1	23.13	278.0	6.03
23. „	18.1	2631		1937.9	2.46	1297.8	21.63	280.7	7.02
24. „	17.7	2475		1120.0	2.73	1247.9	21.05	262.7	6.58
25. „	17.7	2635		1250.9	2.86	1247.0	20 22	252.1	7.05
26. „	17.4	2761		1163.6	3.05	1373.3	20.02	275.0	7.53
27. „	17.5	2856		1272.2	3.23	1357.4	20.01	271.6	7.32
28. „	17.9	2818	35.5	1273.1	3.21	1290.2	20.86	269.2	6.58
Im Durchschnitt:	17.8	2609	35.1	1205.7	2.85	1273.7	21.80	277.7	7.03

Periode III. Lamm II.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
19. Februar	17.6	2572	33.0	719.3	3.38	1505.6	20.07	302.2	7.51
20. „	18.1	2390		677.2	3.28	1414.9	20.08	284.1	6.95
21. „	18.3	2583		519.0	3.38	1515.4	19.96	302.4	7.41
22. „	17.7	2504		708.7	3.36	1397.2	20.81	290.7	6.85
23. „	18.1	2068		519.5	3.16	1475.8	20.15	297.4	7.33
24. „	17.7	2498		548.2	3.03	1431.5	19.88	284.8	6.84
25. „	17.7	2443		486.1	2.73	1495.6	19.19	287.0	6.92
26. „	17.4	2484		493.5	3.04	1619.6	18.67	302.4	7.42
27. „	17.5	2762		564.9	2.22	1618.8	18.38	297.6	7.22
28. „	17.9	2123	33.3	639.1	1.91	1384.5	19.49	269.8	6.60
Im Durchschnitt:	17.8	2443	33.2	546.4	2.59	1485.9	19.64	291.8	7.11

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass die Stickstoffausscheidungen im Kot bei den beiden Lämmern fast gleich war, wogegen sich die Stickstoffausscheidung im Harn bei Lamm II zu Anfang der Periode viel höher stellte und erst in der zweiten Hälfte der Periode zurückging. Lamm II, das an und für sich sehr lebhaft war, hatte sich nämlich in der Übergangsperiode eine

Sehne am rechten Vorderbein gedehnt und hatte daher grössere Schwierigkeiten beim Stehen. Da es sich aber in der 2. Hälfte der Periode schon erholt zu haben schien, so wurden für die Stickstoffausscheidung im Harn die Zahlen vom 24. Februar an benutzt.

Die prozentische Zusammensetzung der Futtermittel und des Kotes, auf wasserfreie Substanz bezogen, war folgende:

	Wiesenheu	Klebermehl	Stärkemehl	Zucker	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm II
Rohprotein	11.13	94.36	0.38	0.46	15.25	14.73
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	0.80	99.22	99.49	45.50	42.88
Fett (Ätherextrakt)	2.07	4.00	0.06	—	2.58	2.35
Rohfaser	27.07	—	—	—	25.29	28.50
Asche	9.11	0.84	0.34	0.05	11.38	11.54
Eiweiss	9.56	90.03	0.38	—	13.51	13.31
Gesamt-Stickstoff	1.78	15.10	0.06	0.07	2.44	2.36

Über die tägliche Aufnahme und Verdauung des gereichten Futters gibt uns die Tabelle VI Auskunft. Die Eiweisszugabe zum Grundfutter hat also die Verdauung des Proteins, des Fettes und beim Lamm I auch der Rohfaser erhöht, die Verdauung der stickstofffreien Extraktstoffe jedoch nicht verändert.

Tabelle VI.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
			III. Periode, Lamm I.				
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.5	467.6	57.3	260.3	10.7	139.3	49.2
225 „ Stärkemehl	179.0	178.4	0.7	0.6	0.1	—	0.7
25 „ Klebermehl	22.2	22.0	21.0	0.1	0.9	—	20.0
100 „ Zucker	99.7	99.6	0.5	99.1	—	—	—
Gesamtverzehr:	815.4	767.6	79.5	537.1	11.7	139.3	69.9
Im Kot	277.7	246.1	42.4	126.3	7.2	70.2	37.5
Verdaut:	537.7	521.5	37.1	410.8	4.5	69.1	32.4
In Prozenten:	65.9	67.9	46.6	76.5	38.5	49.6	46.4

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	Stickstoff-freie Ex-traktstoffe g	Fett (Äther-extrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
	III. Periode, Lamm II.						
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.5	467.6	57.3	260.3	10.7	139.3	49.2
228 „ Stärkemehl	181.4	180.7	0.7	179.9	0.1	—	0.7
22 „ Klebermehl	19.5	19.3	18.4	0.1	0.8	—	17.6
100 „ Zucker . .	99.7	99.6	0.5	99.1	—	—	—
Gesamtverzehr:	815.1	767.2	76.9	539.4	11.6	139.3	67.5
Im Kot	291.8	258.1	43.0	125.0	6.9	83.2	38.8
Verdaut:	523.3	509.1	33.9	414.4	4.7	56.1	28.7
In Prozenten:	64.2	66.4	44.0	76.8	40.5	40.3	42.5

In dem täglichen Futter war nach den eben gegebenen Berechnungen an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert enthalten:

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nähr-stoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nähr-stoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	37.1	32.4	489.8	413.3	1.06	0.92	13.95	11.77
„ II . .	33.9	28.7	480.8	400.8	1.02	0.86	14.48	12.07

Die Stickstoffbilanz der III. Periode ist wie folgt:

	Lamm I:			Lamm II:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	12.69	11.17	1.52	12.28	10.79	1.49
„ Kot	7.03	6.00	1.03	7.11	6.21	0.90
Verdaut:	5.66	5.17	0.49	5.17	4.58	0.59
Im Harn	2.85	—	—	2.59	—	—
Angesetzt:	+ 2.81	—	—	+ 2.58	—	—

Periode IV (Malzkeimextrakt).

Nach der Periode III folgte wieder eine Periode mit einem an nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen reichen Futter. Als solches diente in dieser Periode ein Extrakt, das durch Auskochen von Malzkeimen mit Wasser selbst hergestellt war und nach dem Eindampfen 55.65 % Trockensubstanz enthielt. Die tägliche Ration stellte sich in dieser Periode ursprünglich auf 600 g Wiesenheu, 250 g Stärkemehl, 50 g Zucker und 132 g (3.33 g N) Malzkeimextrakt. Die Menge des letzteren war so berechnet, dass darin den beiden Tieren so viel Stickstoff gereicht wurde, wie im Klebermehl in Periode III von Lamm I verzehrt worden war. Wegen der Sehnendehnung, die sich das Lamm II zugezogen hatte, wurde dasselbe durch das Reservelamm III ersetzt, das schon vorher eine Zeitlang mit Kotbeutel und Harntrichter versehen im Zwangstalle verbracht hatte und mit Heu, Stärke und Zucker gefüttert worden war.

Die schon genannte Versuchsration war am 1. März erreicht. Da sich aber eine deutliche Erweichung des Kotes einstellte, wurde die Zuckerration ganz weggelassen und dafür eine entsprechende Menge Stärke gegeben, unter der Voraussetzung, dass 100 g Zuckertrockensubstanz mit 75 g Stärketrockensubstanz gleichwertig sind. Es wurden also vom 4. März an 600 g Wiesenheu, 297 g Stärkemehl und 132 g Malzkeimextrakt gefüttert.

Der sirupartige Malzkeimextrakt wurde bei der Verfütterung mit dem Stärkemehl vermischt, mit etwas warmem Wasser angerührt und über das übrige Futter verteilt.

Über Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum, Lebendgewicht, Harn- und Kotmenge und Stickstoffmenge im Harn und Kot gibt die Tabelle VII Auskunft.

(Siehe die Tabelle VII auf S. 431.)

Während auch in dieser Periode die Kotstickstoffausscheidung bei beiden Tieren nahe übereinstimmt, zeigten sich im Harnstickstoff erhebliche Unterschiede. Das neue Lamm III, das vordem etwas reichlich ernährt worden war, hatte sich mit dem Versuchsfutter offenbar noch nicht ins Gleichgewicht gesetzt und setzt entsprechend seinem höheren Eiweissbestande vom Körper noch etwas mehr Eiweiss um als Lamm I. Aus diesem Grunde müssen wir leider davon absehen, die mit Lamm III

hier ausgeführte Versuchsperiode zu unseren weiteren Betrachtungen heranzuziehen.

Tabelle VII.

Periode IV. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn: Menge g	Harn: darin Stickstoff g	Kot: frisch g	Kot: Tr.-S. %	Kot: Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
5. März	16.4	2402	35.6	1131.6	3.40	1684.2	18.35	309.0	8.24
6. "	17.2	2033		919.4	3.25	1749.7	18.74	327.9	8.99
7. "	16.9	3056		1046.1	3.12	1590.5	18.40	292.7	8.29
8. "	17.0	2916		1161.0	3.14	1566.8	18.94	296.7	8.35
9. "	16.9	2790		1326.4	3.26	1499.2	19.24	288.5	8.11
10. "	17.7	2834		1621.2	3.64	1406.7	19.44	273.5	7.69
11. "	17.3	2947		1284.8	3.57	1714.5	18 33	314.3	9.09
12. "	17.0	2736		1150.8	3.45	1719.5	18.46	317.4	9.22
13. "	16.7	2802		1357.9	3.50	1434.1	19.36	277.7	7.92
14. "	16.4	2889	35.8	1364.3	3.62	1594.0	18.75	298.9	8.43
Im Durchschnitt:	17.0	2741	35.7	1236.3	3.39	1595.9	18.78	299.7	8.43
				Vom Kotbeutel abgewaschen:				2.0	+ 0.06
								301.7	8.49

Periode IV. Lamm III.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn: Menge g	Harn: darin Stickstoff g	Kot: frisch g	Kot: Tr.-S. %	Kot: Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
5. März	16.4	2111	34.6	762.5	4.61	1822.1	17.60	320.7	7.82
6. "	17.2	2699		1092.8	4.02	1109.8	18.83	209.0	5.76
7. "	16.9	2570		1594.2	4.38	749.6	22.12	165.8	6.22
8. "	17.0	2570		772.5	4.02	1941.9	19.73	383.2	10.66
9. "	16.9	2931		712.5	4.16	1830.6	19.60	358.8	9.35
10. "	17.7	2700		694.3	3.74	1794 9	19.28	346.0	9.42
11. "	17.3	2508		884.1	4.25	1421.9	20.51	291.7	7.45
12. "	17.0	2371		1112.0	4.08	1625.9	20.66	335.9	9.00
13. "	16.7	2315		1165.4	3.95	1252.9	22.18	277.9	7.37
14. "	16.4	2076	35.3	1150.5	3.45	1315.1	23.47	308.6	8.90
Im Durchschnitt:	17.0	2485	34.0	994.1	4.07	1486.5	20.17	299.8	8.195
				Vom Kotbeutel abgewaschen:				1.5	0.04
								301.3	8.235

Die Analyse des Futters und des Kotes ergab folgende, auf 100 g Trockensubstanz berechnete Zusammensetzung (in Prozenten):

	Wiesenheu	Stärkemehl	Malzkeimextrakt	Darmkot: Lamm I	III
Rohprotein	11.13	0.38	28.36	17.17	16.43
Stickstofffr. Extraktstoffe .	50.62	99.22	55.15	44.34	44.50
Fett (Ätherextrakt) . . .	2.07	0.06	—	2.45	2.30
Rohfaser	27.07	—	—	23.10	23.75
Asche	9.11	0.34	16.49	12.94	13.02
Eiweiss	9.56	0.38	9.28	14.64	14.02
Gesamt-Stickstoff	1.78	0.06	4.54	2.75	2.63

Aus den nunmehr gewonnenen Daten über die Menge und Zusammensetzung des Futters und Kotes kann man berechnen, wieviel an einzelnen Nährstoffen täglich aufgenommen und verdaut worden ist. Die Tabelle VIII gibt hierüber Auskunft.

Tabelle VIII.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
IV. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.5	467.6	57.3	260.3	10.7	139.3	49.2
297 „ Stärkemehl	235.7	234.9	0.9	233.9	0.1	—	0.9
132 „ Malzkeimextrakt	73.5	61.4	20.8	40.6	—	—	6.8
Gesamtverzehr:	823.7	763.9	79.0	534.8	10.8	139.3	56.9
Im Kot	301.7	262.7	51.8	133.8	7.4	69.7	44.2
Verdaut:	522.0	501.2	27.2	401.0	3.4	69.6	12.7
In Prozenten:	63.4	65.6	34.4	75.0	31.5	50.0	22.3
IV. Periode, Lamm III.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	823.7	763.9	79.0	534.8	10.8	139.3	56.9
Im Kot	301.3	262.1	49.5	134.1	6.9	71.6	42.2
Verdaut:	522.4	501.8	29.5	400.7	3.9	67.7	14.7
In Prozenten:	63.4	65.7	37.3	74.9	36.1	48.6	25.8

Aus den Zahlen ist zu ersehen, dass die Zugabe von Malzkeimextrakt keine wesentliche Änderung in der Verdauung verursacht hat; nur ist die Verdaulichkeit des Eiweisses zurückgegangen und die der Rohfaser gestiegen. Die Ursache der anscheinenden Verminderung der Verdaulichkeit des Eiweisses in den Perioden mit an nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen reichem Futter wird später erklärt werden.

Die gesamte Aufnahme an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert[1]) ist aus folgenden Zahlen ersichtlich.

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nährstoffe g	Stärke-wert[1]) g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nährstoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	27.2	12.7	478.1	389.8	0.76	0.36	13.39	10.92
„ III . .	29.5	14.7	477.0	390.4	0.87	0.43	14.03	11.48

Der Umsatz und Ansatz an Stickstoff ergibt sich nun aus folgender Rechnung:

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	12.63	9.10	3.53	12.63	9.10	3.53
„ Kot	8.49	7.07	1.42	8.24	6.76	1.48
Verdaut:	4.14	2.03	2.11	4.39	2.34	2.05
Im Harn	3.39	—	—	4.07	—	—
Angesetzt:	+ 0.74	—	—	+ 0.32	—	—

V. Periode (Klebermehl).

Da die Tiere offenbar die Fähigkeit besassen, das Klebereiweiss sehr vollständig auszunützen, d. h. anzusetzen, wie aus

[1]) Bei der Berechnung des Stärkewertes wurde die Trockensubstanz des Malzkeimextrakts der Trockensubstanz des Zuckers gleichgesetzt.

der III. Periode hervorgeht, so war es gleichgültig, ob ganz genau dieselbe Menge verdaulichen Stickstoffs im Klebermehl gereicht wurde, wie aus dem Malzkeimextrakt verdaut worden war. Im Interesse der Genauigkeit der Versuche liegt es, nicht zu wenig Kleber zu füttern, weshalb 20 g Klebermehl mit 2.68 g Stickstoff verfüttert wurden.

Nach eintägigem Übergang wurde vom 16. März an die volle Ration verabreicht, die ohne Rest verzehrt wurde. Vom 19. März an wird der Harn und der Kot quantitativ gesammelt.

Über das Lebendgewicht, den Konsum an Tränkwasser, die Harn- und Kotausscheidung, die Stickstoffmenge im Harn und Kot gibt die nachfolgende Tabelle IX Auskunft.

Tabelle IX.

Periode V. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
19. März	17.1	2656	35.3	1490.3	2.83	—	—	—	—
20. „	17.3	2650		1209.0	2.95	1243.5	21.85	271.7	6.81
21. „	17.8	3125		1472.0	3.05	1278.7	22.18	283.5	7.12
22. „	17.3	2906		1370.2	2.93	1324.4	20.47	271.1	6.99
23. „	16.9	2975		1588.9	3.03	1358.3	21.25	288.7	7.17
24. „	17.0	2693		1273.9	2.98	1210.3	21.53	260.6	6.52
25. „	17.1	2937		1572.2	2.90	1200.8	21.92	263.2	6.63
26. „	16.8	3091		1682.1	3.12	1407.2	20.92	294.4	7.25
27. „	17.4	3358		1915.4	3.31	1204.3	21.30	256.5	6.43
28. „	17.8	3176	36.2	1648.0	3.00	1251.5	20.75	259.7	6.75
Im Durchschnitt:	**17.3**	**2957**	**35.8**	**1522.2**	**3.01**	**1275.4**	**21.34**	**272.2**	**6.85**

Periode V. Lamm III.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
19. März	17.1	2181	35.3	722.3	2.89	995.4	26.70	265.8	6.60
20. „	17.3	2102		718.5	2.82	1134.0	27.22	308.7	7.47
21. „	17.8	2226		908.3	2.87	1017.7	27.81	283.0	6.67
22. „	17.3	2169		985.6	2.84	1146.2	27.47	314.9	7.36
23. „	16.9	2399		914.8	2.83	1057.3	27.95	295.5	6.76
24. „	17.0	2224		1268.2	2.94	1070.7	28.01	299.9	7.01
25. „	17.1	1983		1069.7	2.80	1042.0	29.79	310.4	7.14
26. „	16.8	2648		1235.7	2.99	940.6	29.68	279.2	6.43
27. „	17.4	2325		1277.5	3.06	904.4	29.90	270.4	6.19
28. „	17.8	2526	36.3	1210.6	2.91	915.6	29.86	273.4	6.53
Im Durchschnitt:	**17.3**	**2278**	**35.8**	**1031.1**	**2.895**	**1022.4**	**28.37**	**290.1**	**6.82**

Beim Lamm I war die Stickstoffausscheidung im Kot am 19. März noch nicht regelmässig, deswegen wurde dieser Tag von der Durchschnittsberechnung ausgeschaltet. Die Harnstickstoffausscheidung war in dieser Periode bei beiden Lämmern fast gleich.

Die prozentische Zusammensetzung der Futtermittel und des Kotes, auf wasserfreie Substanz bezogen, war folgende:

	Wiesenheu	Stärkemehl	Zucker	Klebermehl	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm III
Rohprotein	11.13	0.38	0.46	94.36	15.12	14.49
Stickstofffr. Extraktstoffe .	50.62	99.22	99.49	0.80	42.39	44.69
Fett (Ätherextrakt) . . .	2.07	0.06	—	4.00	2.96	2.56
Rohfaser	27.07	—	—	—	27.02	27.56
Asche	9.11	0.34	0.05	0.84	12.51	10.70
Eiweiss	9.56	0.38	—	90.03	13.69	12.91
Gesamt-Stickstoff	1.78	0.06	0.07	15.10	2.42	2.32

Die tägliche Aufnahme und Verdauung der gereichten Nährstoffe ist aus der folgenden Tabelle X ersichtlich.

Tabelle X.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
V. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	512.8	466.1	57.1	259.6	10.6	138.8	49.0
230 „ Stärkemehl	182.5	181.9	0.7	181.1	0.1	—	0.7
20 „ Klebermehl	'17.7	17.6	16.7	0.2	0.7	—	15.9
100 „ Zucker . .	99.7	99.6	0.5	99.1	—	—	—
Gesamtverzehr:	812.7	765.2	75.0	530.0	11.4	138.8	65.6
Im Kot	272.2	238.2	41.2	115.3	8.1	73.6	37.3
Verdaut:	540.5	527.0	33.8	424.7	3.3	65.2	28.3
In Prozenten:	66.5	68.9	45.1	78.6	28.9	47.0	43.1

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	Stickstoff-freie Ex-traktstoffe g	Fett (Äther-extrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
	V. Periode, Lamm III.						
Gesamtverzehr wie Lamm I	812.7	765.2	75.0	530.0	11.4	138.8	65.6
Im Kot	290.1	259.1	42.0	129.7	7.4	80.0	37.5
Verdaut:	523.6	506.1	33.0	410.3	4.0	58.8	28.1
In Prozenten:	64.4	66.1	43.9	76.0	35.1	42.4	42.8

Die Verdauungskoeffizienten sind fast dieselben wie in der III. Periode geblieben.

In dem täglichen Futter war nach den eben gegebenen Berechnungen an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert enthalten:

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nähr-stoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nähr-stoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	33.8	28.3	497.2	417.4	0.94	0.79	13.89	11.66
„ III . .	33.0	28.1	477.9	397.7	0.92	0.78	13.35	11.11

Die Stickstoffbilanz der V. Periode ist folgende:

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	11.99	10.51	1.48	11.99	10.51	1.48
„ Kot	6.85	5.96	0.89	6.82	5.99	0.83
Verdaut:	5.14	4.55	0.59	5.17	4.52	0.65
Im Harn	3.01	—	—	2.90	—	—
Angesetzt:	+ 2.13	—	—	+ 2.27	—	—

VI. Periode (Kartoffelflocken).

In dieser Periode wurde wieder ein an nichteiweissartige Stickstoffverbindungen reiches Futter benützt. Die tägliche Ration für beide Lämmer wurde mit 600 g Wiesenheu und 420 g Kartoffelflocken festgesetzt, und zwar wurde der Stärkewert des Stärkemehls und des Zuckers durch Kartoffelflocken ersetzt, die 4.78 g Stickstoff enthielten.

Nach einem zweitägigen Übergange wurde am 31. März durch 600 g Wiesenheu, 50 g Stärkemehl und 300 g Kartoffelflocken die volle Ration von 600 g Wiesenheu und 420 g Kartoffelflocken erreicht. Vom 3. April an wurde der Kot und der Harn quantitativ gesammelt.

Die Daten über die Stalltemperatur, Tränkwasser, Lebendgewicht, Harn- und Kotausscheidung und täglich ausgeschiedene Stickstoffmenge sind in der Tabelle XI enthalten.

Tabelle XI.

Periode VI. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn: Menge g	Harn: darin Stickstoff g	Kot: frisch g	Kot: Tr.-S. %	Kot: Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
3. April	16.5	3095	36.5	1337.7	3.58	1312.2	19.93	261.5	7.39
4. „	17.2	3412		1672.0	2.83	1286.3	20.35	261.8	7.01
5. „	16.7	3390		1705.5	3.77	1283.2	19.71	252.9	7.26
6. „	16.2	2738		1273.0	3.87	1256.3	21.23	266.7	7.09
7. „	16.5	3450		1748.0	3.98	1187.4	21.81	259.0	7.53
8. „	16.1	3060		1765.3	3.85	1152.4	22.92	264.1	7.36
9. „	16.1	3169		1734.6	3.95	1013.1	24.21	245.3	6.68
10. „	16.2	3111		1756.0	3.73	1118.5	24.24	271.1	7.58
11. „	16.1	3078		1833.5	4.01	1150.7	24.18	278.2	7.62
12. „	16.6	3095	37.1	1580.7	3.79	1091.8	23.01	251.2	7.21
Im Durchschnitt:	**16.4**	**3160**	**36.8**	**1640.6**	**3.84**	**1185.2**	**22.04**	**261.2**	**7.27**

Periode VI. Lamm III.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn: Menge g	Harn: darin Stickstoff g	Kot: frisch g	Kot: Tr.-S. %	Kot: Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
3. April	16.5	2625	36.5	—	—	—	—	—	—
4. „	17.2	2483		1033.2	3.84	941.8	32.15	302.8	7.71
5. „	16.7	2291		663.3	2.90	1151.6	26.95	310.3	7.90
6. „	16.2	2399		783.4	3.09	1215.8	26.15	317.9	7.61
7. „	16.5	2515		726.6	4.04	882.7	29.96	264.5	6.57
8. „	16.1	2416		981.9	4.24	1007.5	32.33	325.7	7.36
9. „	16.1	2078		1150.2	3.95	1183.3	26.81	317.2	7.53
10. „	16.2	2422		1001.9	4.09	1016.0	28.09	285.4	7.00
11. „	16.1	2209		1091.8	4.05	1042.6	30.55	318.5	7.45
12. „	16.6	2010	37.6	979.9	4.00	960.2	30.30	290.9	7.35
Im Durchschnitt:	**16.4**	**2344**	**37.1**	**934.7**	**3.80**	**1044.6**	**29.07**	**303.7**	**7.39**

Beim Lamm III hatte die Stickstoffausscheidung am ersten Tage noch nicht volle Gleichmässigkeit erreicht, weshalb dieser Tag nicht mitgerechnet wurde.

Die Analyse des Futters und des Kotes ergab folgende, auf 100 g Trockensubstanz berechnete Zusammensetzung:

	Wiesenheu	Kartoffelflocken	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm III
Rohprotein	11.13	8.13	15.95	14.83
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	84.38	41.84	41.02
Fett (Ätherextrakt)	2.07	0.39	2.95	2.63
Rohfaser	27.07	2.63	25.55	29.60
Asche	9.11	4.47	13.71	11.92
Eiweiss	9.56	4.80	14.62	13.21
Gesamt-Stickstoff	1.78	1.30	2.55	2.37

Über die tägliche Aufnahme und Verdauung der gereichten Nährstoffe gibt die Tabelle XII Auskunft.

Tabelle XII.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
VI. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	512.8	466.1	57.1	259.6	10.6	138.8	49.0
420 „ Kartoffelflocken	367.3	350.8	29.9	309.7	1.5	9.7	17.6
Gesamtverzehr:	880.1	816.9	87.0	569.3	12.1	148.5	66.6
Im Kot	261.2	225.4	41.7	109.3	7.7	66.7	38.2
Verdaut:	618.9	591.5	45.3	460.0	4.4	81.8	28.4
In Prozenten:	70.3	72.4	52.1	80.8	36.7	55.1	42.6
VI. Periode, Lamm III.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	880.1	816.9	87.0	569.3	12.1	148.5	66.6
Im Kot	303.7	267.5	45.0	124.6	8.0	89.9	40.1
Verdaut:	576.4	549.4	42.0	444.7	4.1	58.6	26.5
In Prozenten:	65.5	67.3	48.2	78.1	33.9	39.4	39.8

Die Verdaulichkeit der Nährstoffe ist fast dieselbe wie in der V. Periode geblieben, mit Ausnahme des Rohproteins, dessen Verdauungskoeffizient etwas gestiegen ist. Der Unterschied im Verdauungsvermögen der beiden Lämmer, der sich schon in den vorangegangenen Perioden gezeigt hatte, tritt hier noch etwas stärker hervor.

Die Tiere haben täglich an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert verzehrt:

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nähr-stoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nähr-stoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	45.3	28.4	551.5	496.4	1.23	0.77	14.99	13.49
„ III . .	42.0	26.5	512.3	455.5	1.13	0.71	13.81	12.28

Der Stickstoffumsatz und -ansatz ergibt sich nun aus folgender Zusammenstellung:

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	13.91	10.67	3.24	13.91	10.67	3.24
„ Kot	7.27	6.11	1.16	7.39	6.42	0.97
Verdaut:	6.64	4.56	2.08	6.52	4.25	2.27
Im Harn	3.84	—	—	3.80	—	—
Angesetzt:	+ 2.80	—	—	+ 2.72	—	—

VII. Periode (Klebermehl).

In dieser Periode wurde wieder Klebermehl zum Grundfutter zugegeben. Es wurde so viel Stickstoff im Klebermehl gefüttert, wie vom Stickstoff der Kartoffelflocken verdaut worden war. Die tägliche Ration bestand aus 600 g Wiesenheu, 220 g Stärkemehl, 30 g Klebermehl (4.01 g N) und 100 g Zucker. Nach einem Übergange wurde am 21. April die volle Versuchs-

ration erreicht und mit der quantitativen Ansammlung der Ausscheidungen am 26. April begonnen.

Über das Lebendgewicht, den Wasserkonsum, die Harn- und Kotausscheidung und die Stickstoffmenge im Harn und im Kot gibt die folgende Tabelle XIII Auskunft.

Tabelle XIII.

Periode VII. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
26. April	16.4	3574	38.4	2378.1	3.54	822.7	29.51	242.8	6.99
27. „	16.1	3657		2497.8	3.52	728.1	30.35	221.0	6.71
28. „	15.7	3137		2388.1	3.42	768.6	29.44	226.3	7.09
29. „	15.8	3538		2518.4	3.52	1010.1	28.87	293.7	8.84
30. „	15.7	3501		2290.0	3.52	851.0	29.91	254.5	7.62
1. Mai	17.3	3526		2311.7	3.36	798.4	30.79	245.8	7.25
2. „	17.1	3885		2509.2	3.54	856.9	29.95	256.6	7.00
3. „	17.1	3905		2816.5	3.54	880.7	29.01	255.5	7.51
4. „	17.3	4092		2998.7	3.74	825.2	29.40	242.6	6.72
5. „	17.8	3938	39.2	2796.6	3.86	812.1	30.00	243.7	6.07
Im Durchschnitt:	**16.6**	**3675**	**38.8**	**2550.5**	**3.56**	**835.4**	**29.72**	**248.3**	**7.18**

Periode VII. Lamm III.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
26. April	16.4	2409	38.2	1173.8	4.73	798.5	32.37	258.5	6.16
27. „	16.1	2060		765.5	4.06	655.2	31.55	206.7	5.38
28. „	15.7	1832		1175.0	4.21	381.5	37.75	144.0	4.46
29. „	15.8	2563		1287.7	4 04	574.3	35.94	206.4	6.75
30. „	15.7	2262		719.5	4.08	1176.7	28.54	335.8	10.31
1. Mai	17.3	1858		624.0	4.90	1063.5	31.97	340.0	8.43
2. „	17.1	2235		730.1	4.82	792.3	35.26	279.4	7.01
3. „	17.1	2060		915.2	4.44	724.5	35.04	253.9	6.25
4. „	17.3	2073		1069.6	4.60	752.5	35.26	265.3	6.97
5. „	17.8	2080	39.0	1463.6	4.58	711.8	34.52	245.7	6.48
Im Durchschnitt:	**16.6**	**2143**	**38.6**	**992.4**	**4.44**	**763.1**	**33.23**	**253.6**	**6.82**

Die prozentische Zusammensetzung der Futtermittel und des Kotes, auf Trockensubstanz bezogen, war folgende:

	Wiesenheu	Stärkemehl	Zucker	Klebermehl	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm III
Rohprotein	11.13	0.38	0.46	94.36	17.74	16.71
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	99.22	99.49	0.80	42.26	44.23
Fett (Ätherextrakt)	2.07	0.06	—	4.00	2.94	3.25
Rohfaser	27.07	—	—	—	23.53	23.52
Asche	9.11	0.34	0.05	0.84	13.53	12.29
Eiweiss	9.56	0.38	—	90.03	16.02	15.12
Gesamt-Stickstoff	1.78	0.06	0.07	15.10	2.84	2.67

Die tägliche Aufnahme und Verdauung der gereichten Nährstoffe ist in der Tabelle XIV verzeichnet.

Tabelle XIV.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
VII. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.9	468.0	57.3	260.6	10.7	139.4	49.2
220 „ Stärkemehl	174.1	173.5	0.7	172.7	0.1	—	0.7
30 „ Klebermehl	26.6	26.4	25.1	0.2	1.1	—	23.9
100 „ Zucker	99.4	99.3	0.5	98.8	—	—	—
Gesamtverzehr:	815.0	767.2	83.6	532.3	11.9	139.4	73.8
Im Kot	248.3	214.7	44.1	104.9	7.3	58.4	39.8
Verdaut:	566.7	552.5	39.5	427.4	4.6	81.0	34.0
In Prozenten:	69.5	72.0	47.2	80.3	38.7	58.1	46.1
VII. Periode, Lamm III.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	815.0	767.2	83.6	532.3	11.9	139.4	73.8
Im Kot	253.6	222.4	42.4	112.1	8.2	59.7	38.4
Verdaut:	561.4	544.8	41.2	420.2	3.7	79.7	35.4
In Prozenten:	68.9	71.0	49.2	78.9	31.1	57.2	48.0

Die Verdauungskoeffizienten scheinen in dieser Periode gegen die letzte Kleberperiode V etwas gestiegen zu sein.

In dem täglichen Futter war an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert enthalten:

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nähr-stoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nähr-stoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	39.5	34.0	518.5	443.4	1.02	0.88	13.36	11.43
„ III . .	41.2	35.4	508.0	434.5	1.07	0.92	13.16	11.26

Die Stickstoffbilanz der VII. Periode ist folgende:

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	13.35	11.82	1.53	13.35	11.82	1.53
„ Kot	7.18	6.36	0.82	6.82	6.13	0.69
Verdaut:	6.17	5.46	0.71	6.53	5.69	0.84
Im Harn	3.56	—	—	4.44	—	—
Angesetzt:	+ 2.61	—	—	+ 2.09	—	—

VIII. Periode (Grasextrakt.

Als an nichteiweissartige Stickstoffverbindungen reiches Futter in dieser Periode diente ein wässeriges Extrakt aus jungem, mit viel Leguminosen durchsetztem Wiesengras. Das Extrakt, das nur 17.15 % Trockensubstanz enthielt, wurde in ähnlicher Weise wie das Malzkeimextrakt verabfolgt; die täglich abgemessene Menge wurde immer mit dem übrigen Futter gemischt und so eine vollständige Aufnahme des Futters gesichert. Die tägliche Ration bestand aus 600 g Wiesenheu, 300 g Stärkemehl, 400 ccm Grasextrakt.

Nach zweitägigem Übergange wurde am 9. Mai die geplante Versuchsration erreicht. Die ganze Periode dauerte nur 9 Tage, weil das Grasextrakt nicht länger ausreichte. Vom 12. Mai an wurde der Kot und der Harn quantitativ gesammelt.

Über die Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum, Lebendgewicht, Harn- und Kotmenge und Stickstoff-Ausscheidung im Harn und Kot gibt Tabelle XV Auskunft.

Tabelle XV.

Periode VIII. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
12. Mai	18.7	3325	39.4	2423.6	3.76	868.9	29.51	256.4	6.42
13. „	18.8	3664		2685.9	3.78	948.4	28.96	274.7	6.94
14. „	17.5	3328		2434.8	3.82	795.4	31.54	250.9	6.44
15. „	17.9	3309		2371.2	3.68	976.7	30.25	295.5	6.84
16. „	17.8	3578		2727.3	3 92	835.5	30.47	254.6	6.76
17. „	17.8	3590		2718.2	3.50	820.0	30.65	251.3	6.67
18. „	18.8	3272		2445.6	3.72	841.9	31.19	262.6	7.05
19. „	19.8	3581		2589.2	3.54	850.9	30.03	255.5	6.98
20. „	20.3	3999	39.5	3198.7	3.90	—	—	—	—
Im Durchschnitt:	**18.6**	**3516**	**39.5**	**2359.4**	**3.74**	**867.2**	**30.33**	**262.7**	**6.76**

Periode VIII. Lamm III.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
12. Mai	18.7	2130	39.0	1249.1	3.63	887.1	32.21	285.7	6.92
13. „	18.8	2031		1272.5	3.62	748.0	33.16	248.0	6.10
14. „	17.5	1824		1103.9	3.57	720.8	35.79	258.0	6.41
15. „	17.9	2031		1031.8	3.60	799.1	33.34	266.4	6.63
16. „	17.8	1988		1113.7	3.59	935.9	29.70	278.0	7.42
17. „	17.8	2405		1235.9	3.80	993.5	27.84	276.6	6.92
18. „	18.8	2251		1477.9	3.72	987.1	28.86	284.9	6.90
19. „	19.8	2876		1363.0	3.79	993.4	28.02	278.4	6.96
20. „	20.3	2136	39.1	1196.7	3.68	—	—	—	—
Im Durchschnitt:	**18.6**	**2186**	**39.1**	**1104.5**	**3.67**	**883.1**	**30.80**	**272.0**	**6.78**

Die chemische Untersuchung des Futters und des Kotes ergab nachstehende auf wasserfreie Substanz berechnete Zahlen:

	Wiesenheu	Stärkemehl	Grasextrakt	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm III
Rohprotein	11.13	—	21.21	16.34	15.78
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	99.60	59.55	43.19	44.13
Fett (Ätherextrakt) . . .	2.07	0.07	—	2.45	2.62
Rohfaser	27.07	—	—	24.71	24.41
Asche	9.11	0.33	19.24	13.31	13.06
Eiweiss	9.56	—	2.37	15.07	14.59
Gesamt-Stickstoff	1.78	—	3.39	2.62	2.52

An den einzelnen Nährstoffen wurde täglich aufgenommen und verdaut:

Tabelle XVI.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
VIII. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.9	468.0	57.3	260.6	10.7	139.4	49.2
300 „ Stärkemehl	241.6	240.8	—	240.6	0.2	—	—
400 ccm Grasextrakt	68.6	55.4	14.6	40.8	—	—	1.6
Gesamtverzehr:	825.1	764.2	71.9	542.0	10.9	139.4	50.8
Im Kot	262.7	227.7	42.9	113.5	6.4	64.9	39.6
Verdaut:	562.4	536.5	29.0	428.5	4.5	74.5	11.2
In Prozenten:	68.2	70.2	40.3	79.1	41.3	53.4	22.0
VIII. Periode, Lamm III.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	825.1	764.2	71.9	542.0	10.9	139.4	50.8
Im Kot	272.0	236.5	42.9	120.1	7.1	66.4	39.7
Verdaut:	553.1	527.7	29.0	421.9	3.8	73.0	11.1
In Prozenten:	67.0	69.1	40.3	77.9	34.9	52.4	21.9

Die Verdauungskoeffizienten der einzelnen Nährstoffe sind in der Periode VIII wie in der Periode VII geblieben mit Ausnahme des Eiweisses, dessen Verdauungskoeffizient anscheinend um die Hälfte gesunken ist.

In dem täglichen Futter war an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert enthalten:

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nähr-stoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nähr-stoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	29.0	11.2	512.9	424.0[1]	0.73	0.28	12.98	10.73
„ III . .	29.0	11.1	503.3	414.0	0.74	0.28	12.87	10.59

Über den Stickstoff-Umsatz und -Ansatz gibt uns die nachstehende Zusammenstellung Auskunft.

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	11.49	8.14	3.35	11.49	8.14	3.35
„ Kot	6.76	6.33	0.43	6.78	6.35	0.43
Verdaut:	4.73	1.81	2.92	4.71	1.79	2.92
Im Harn	3.74	—	—	3.67	—	—
Angesetzt:	+ 0.99	—	—	+ 1.04	—	—

IX. Periode (Klebermehl).

Die tägliche Futterration betrug in dieser Periode 600 g Wiesenheu, 225 g Stärkemehl, 25 g Klebermehl (3.38 g N) und 100 g Zucker. Dieselbe wurde vom 22. Mai an verfüttert. Vom 25. an wurden der Kot und der Harn quantitativ gesammelt.

[1]) Bei der Berechnung des Stärkewerts wurde die Trockensubstanz des Grasextraktes der Trockensubstanz des Zuckers gleichgestellt.

Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum, Lebendgewicht, Harn- und Kotmenge sowie die tägliche Stickstoffausscheidung durch den Harn und den Kot sind in der Tabelle XVII verzeichnet.

Tabelle XVII.

Periode IX. Lamm I.

Datum:	Stalltemperatur	Tränkwasser	Lebendgewicht	Harn		Kot			Stickstoff im frischen Kot
				Menge	darin Stickstoff	frisch	Tr.-S.	Tr.-S.	
1908.	°C.	g	kg	g	g	g	%	g	g
25. Mai	17.1	4138	39.6	2767.3	3.84	816.5	31.06	253.6	7.27
26. „	16.8	4231		3082.7	3.60	800.7	31.12	249.2	6.78
27. „	16.9	3860		2562.0	3.42	699.5	31.75	222.1	6.34
28. „	17.3	4284		3075.7	3.50	739.7	32.72	242.0	6.77
29. „	18.6	4333		3121.8	3.64	675.1	34.45	232.6	6.23
30. „	19.9	4523		3133.3	3.62	782.1	33.28	260.3	7.05
31. „	20.4	4405		2973.3	3.68	606.1	35.75	216.7	5.88
1. Juni	22.1	4681		3268.7	3.72	789.4	32.43	256.0	6.99
2. „	23.1	4462		2973.8	3.54	658.7	34.45	226.9	6.30
3. „	23.2	4697	40.5	3187.0	3.94	757.9	33.58	254.5	7.00
Im Durchschnitt:	**19.5**	**4361**	**40.1**	**3014.6**	**3.65**	**732.6**	**33.06**	**241.4**	**6.66**

Periode IX. Lamm III.

Datum:	Stalltemperatur	Tränkwasser	Lebendgewicht	Harn		Kot			Stickstoff im frischen Kot
				Menge	darin Stickstoff	frisch	Tr.-S.	Tr.-S.	
1908.	°C.	g	kg	g	g	g	%	g	g
25. Mai	17.1	2332	39.2	1043.4	3.43	863.4	31.46	271.6	7.01
26. „	16.8	2539		1352.3	3.00	510.6	35.29	180.2	4.72
27. „	16.9	2415		1812.1	3.18	470.7	36.58	172.2	5.08
28. „	17.3	3154		1130.9	3.55	1001.4	27.59	276.3	8.27
29. „	18.6	2616		899.5	4.20	1321.7	25.65	339.0	8.97
30. „	19.9	2392		947.8	3.94	836.1	32.93	275.3	6.94
31. „	20.4	3031		1584.5	4.19	779.9	32.16	250.8	6.55
1. Juni	22.1	2914		1260.5	4.18	872.6	31.75	277.1	7.34
2. „	23.1	2761		1694.1	4.25	775.3	31.83	246.8	6.47
3. „	23.2	3498	40.5	1068.3	4.36	932.2	28.47	265.4	6.93
Im Durchschnitt:	**19.5**	**2765**	**39.9**	**1279.3**	**3.83**	**886.4**	**30.55**	**255.5**	**6.83**

Die prozentische Zusammensetzung der Futtermittel und des Kotes, auf Trockensubstanz bezogen, war folgende:

	Wiesen-heu	Stärke-mehl	Zucker	Kleber-mehl	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm III
Rohprotein	11.13	—	0.46	94.36	17.36	16.68
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	99.60	99.49	0.80	42.90	43.17
Fett (Ätherextrakt)	2.07	0.07	—	4.00	3.03	3.13
Rohfaser	27.07	—	—	—	24.28	24.75
Asche	9.11	0.33	0.05	0.84	12.43	12.27
Eiweiss	9.56	—	—	90.03	15.74	15.46
Gesamt-Stickstoff	1.78	—	0.07	15.10	2.78	2.67

Über die tägliche Aufnahme und Verdauung der gereichten Nährstoffe gibt uns die Tabelle XVIII Auskunft.

Tabelle XVIII.

	Trocken-substanz g	Organ. Substanz g	Roh-protein g	Stickstoff-freie Ex-traktstoffe g	Fett (Äther-extrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
	IX. Periode, Lamm I.						
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.9	468.0	57.3	260.6	10.7	139.4	49.2
225 „ Stärkemehl	181.2	180.6	—	180.5	0.1	—	—
25 „ Klebermehl	22.4	22.2	21.1	0.2	0.9	—	20.2
100 „ Zucker	99.4	99.3	0.5	98.8	—	—	—
Gesamtverzehr:	817.9	770.1	78.9	540.1	11.7	139.4	69.4
Im Kot	241.4	211.4	41.9	103.6	7.3	58.6	38.0
Verdaut:	576.5	558.7	37.0	436.5	4.4	80.8	31.4
In Prozenten:	70.5	72.6	46.9	80.8	37.6	58.0	45.2
	IX. Periode, Lamm III.						
Gesamtverzehr wie Lamm I	817.9	770.1	78.9	540.1	11.7	139.4	69.4
Im Kot	255.5	224.2	42.6	110.4	8.0	63.2	39.5
Verdaut:	562.4	545.9	36.3	429.7	3.7	76.2	29.9
In Prozenten:	68.8	70.9	46.0	79.6	31.6	54.6	43.1

Die Verdauungskoeffizienten in dieser Periode sind gegen die letzte VII. Kleberperiode unverändert geblieben.

In dem täglichen Futter war nach den eben gegebenen Berechnungen an verdauten Nährstoffen und Stärkewert enthalten:

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nährstoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nährstoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	37.0	31.4	527.0	449.4	0.92	0.78	13.14	11.21
„ III . .	36.3	29.9	514.0	435.3	0.91	0.75	12.88	10.91

Die Stickstoffbilanz der IX. Periode ist aus nachstehender Berechnung ersichtlich.

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	12.61	11.10	1.51	12.61	11.10	1.51
„ Kot	6.66	6.08	0.58	6.83	6.32	0.51
Verdaut:	5.95	5.02	0.93	5.78	4.78	1.00
Im Harn	3.65	—	—	3.83	—	—
Angesetzt:	+ 2.30	—	—	+ 1.95	—	—

X. Periode (Grundfutter).

In dieser Periode, mit welcher die Versuche ihren Abschluss erreichten, wurde wieder nach eintägigem Übergange das Grundfutter: 600 g Wiesenheu, 250 g Stärkemehl und 100 g Zucker verabfolgt und am 22. Mai die volle Ration erreicht. Vom 25. Mai an wurden der Kot und der Harn quantitativ gesammelt.

Stalltemperatur, Tränkwasserkonsum, Lebendgewicht, Harn- und Kotmenge sowie die Stickstoffmenge im Harn und Kot sind in der Tabelle XIX verzeichnet.

Tabelle XIX.

Periode X. Lamm I.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
10. Juni	18.1	3839	40.6	—	—	979.2	27.74	271.6	6.11
11. "	18.4	3821		2260.3	3.01	1059.7	27.64	292.9	6.75
12. "	19.3	4155		2518.0	2.92	1132.4	26.67	302.0	6.76
13. "	20.1	4288		2418.1	2.90	1043.4	26.86	280.3	6.46
14. "	20.2	3753		2105.5	2.98	1140.8	26.66	304.1	6.83
15. "	19.8	3879		2212.1	2.70	974.3	28.09	273.7	6.11
16. "	20.8	3777		2138.9	2.96	1071.3	28.04	300.4	6.59
17. "	22.8	4315		2550.6	2.74	1102.7	27.14	299.3	6.86
18. "	22.2	3862		2215.6	2.84	1100.6	28.18	310.1	6.95
19. "	23.4	4166	41.2	2300.1	2.72	1099.9	27.03	297.3	6.50
Im Durchschnitt:	**20.5**	**3981**	**40.9**	**2302.1**	**2.86**	**1070.4**	**27.39**	**293.2**	**6.59**

Periode X. Lamm III.

Datum: 1908.	Stalltemperatur °C.	Tränkwasser g	Lebendgewicht kg	Harn Menge g	Harn darin Stickstoff g	Kot frisch g	Kot Tr.-S. %	Kot Tr.-S. g	Stickstoff im frischen Kot g
10. Juni	18.1	2887	41.2	—	—	1003.0	28.19	302.8	6.26
11. "	18.4	2689		1288.3	2.77	1050.8	29.80	313.1	6.30
12. "	19.3	2566		1013.6	2.69	1083.2	29.92	324.1	6.41
13. "	20.1	2648		1420.6	2.78	1193.0	29.35	350.1	6.93
14. "	20.2	3253		1588.2	2.67	975.8	29.92	292.0	6.05
15. "	19.8	2868		1292.1	2.71	1063.6	30.20	321.2	6.45
16. "	20.8	2962		1326.1	2.69	1093.8	29.61	323.9	6.23
17. "	22.8	2717		1280.6	2.57	1106.8	28.55	316.0	6.10
18. "	22.2	3205		1249.9	2.46	1131.2	28.30	320.1	6.22
19. "	23.4	3290	41.6	1220.7	2.48	1218.5	28.67	349.3	6.90
Im Durchschnitt:	**20.5**	**2909**	**41.4**	**1297.8**	**2.65**	**1092.0**	**29.42**	**321.8**	**6.39**

Vergleicht man die Periode mit der I. Periode (Grundfutter) so sehen wir, dass die Stickstoffmenge im Harn in Periode X etwas gestiegen ist, wogegen die Stickstoff-Ausscheidung im Kot sich vermindert hat. Die Harnmenge beim Lamm I hat sich in der X. Periode gegen die I. Periode fast verdreifacht.

Die chemische Untersuchung der Futtermittel und des Kotes ergab folgende prozentische Zusammensetzung auf Trockensubstanz bezogen:

	Wiesenheu	Stärkemehl	Zucker	Darmkot: Lamm I	Darmkot: Lamm III
Rohprotein	11.13	—	0.46	14.31	12.65
Stickstofffreie Extraktstoffe	50.62	99.60	99.49	45.52	46.38
Fett (Ätherextrakt)	2.07	0.07	—	2.70	2.43
Rohfaser	27.07	—	—	26.21	28.62
Asche	9.11	0.33	0.05	11.26	9.92
Eiweiss	9.56	—	—	12.77	11.38
Gesamt-Stickstoff	1.78	—	0.07	2.29	2.02

In der nachstehenden Tabelle XX ist berechnet, wieviel an Nährstoffen täglich aufgenommen und verdaut wurde.

Tabelle XX.

	Trockensubstanz g	Organ. Substanz g	Rohprotein g	Stickstofffreie Extraktstoffe g	Fett (Ätherextrakt) g	Rohfaser g	Eiweiss g
X. Periode, Lamm I.							
Verzehrt: 600 g Wiesenheu	514.9	468.0	57.3	260.6	10.7	139.4	49.2
250 „ Stärkemehl	202.2	201.6	—	201.5	0.1	—	—
100 „ Zucker	99.4	99.3	0.5	98.8	—	—	—
Gesamtverzehr:	816.5	768.9	57.8	560.9	10.8	139.4	49.2
Im Kot	293.2	260.2	42.0	133.5	7.9	76.8	37.4
Verdaut:	523.3	508.7	15.8	427.4	2.9	62.6	11.8
In Prozenten:	64.1	66.2	27.3	76.2	26.9	44.9	24.0
X. Periode, Lamm III.							
Gesamtverzehr wie Lamm I	816.5	768.9	57.8	560.9	10.8	139.4	49.2
Im Kot	321.3	289.4	40.6	149.0	7.8	92.0	36.6
Verdaut:	495.2	479.5	17.2	411.9	3.0	47.4	12.6
In Prozenten:	60.6	62.4	29.8	73.4	27.8	34.0	25.6

Die Verdauungskoeffizienten in der X. Periode sind fast gleich geblieben wie in der I. Periode, nur vom Fett ist in der X. Periode etwas weniger verdaut worden.

Über die gesamte Aufnahme an verdaulichen Nährstoffen und Stärkewert gibt die folgende Tabelle Auskunft.

	Pro Tag und Kopf:				Pro Tag und 1000 kg L.-Gew.:			
	Roh-protein g	Eiweiss g	Stickstoff-freie Nähr-stoffe g	Stärke-wert g	Roh-protein kg	Eiweiss kg	Stickstoff-freie Nähr-stoffe kg	Stärke-wert kg
Lamm I . .	15.8	11.8	496.4	400.8	0.39	0.29	12.14	9.79
„ III . .	17.2	12.6	465.9	371.0	0.42	0.30	11.25	8.96

Der Stickstoff-Umsatz und -Ansatz ergibt sich nun aus folgender Rechnung.

	Lamm I:			Lamm III:		
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Nicht-eiweiss-N g
Im Futter	9.23	7.88	1.35	9.23	7.88	1.35
„ Kot	6.59	5.99	0.60	6.39	5.85	0.54
Verdaut:	2.64	1.89	0.75	2.84	2.03	0.81
Im Harn	2.86	—	—	2.65	—	—
Angesetzt:	— 0.22	—	—	+ 0.19	—	—

Es war also auch hier, wie in der I. Periode, nahezu Stickstoffgleichgewicht vorhanden.

III. Ergebnisse der Versuche.

1. Wirkung des Eiweisses.

Wie im Vorangegangenen dargelegt, war in den Perioden I und X ein Grundfutter gereicht worden, bei welchem sich die Lämmer im Stickstoffgleichgewicht befanden. Es war nämlich an Stickstoff hier verdaut bezw. angesetzt worden:

Periode I.

	Verdaut		Angesetzt
	Eiweiss-N	Nichteiweiss-N	
	g	g	g
Lamm I	2.13	0.45	+ 0.03
„ II	2.10	0.42	— 0.01
Durchschnitt:	2.12	0.43	+ 0.01

Periode X.

	Eiweiss-N	Nichteiweiss-N	Angesetzt
Lamm I	1.89	0.75	— 0.22
„ III	2.03	0.81	+ 0.19
Durchschnitt:	1.96	0.78	— 0.01
Durchschnitt beider Perioden:	2.04	0.61	0.00

Diese Zahlen lehren zunächst, dass bei einer Ration, die einem Stärkewert von 9—12 kg pro 1000 kg Lebendgewicht entspricht und nur 0.4—0.5 kg Rohprotein mit 0.3—0.4 kg Eiweiss enthält (S. 422 u. 451), Lämmer von einem Gewichte von 33—41 kg ihre vitalen Funktionen verrichten können, ohne von ihrem Körpereiweiss etwas zuzusetzen. Für die Wollbildung bleibt von der angegebenen Menge Stickstoffsubstanz freilich nichts übrig; es muss daher im vorliegenden Falle das Wachstum des Haarkleides sich auf Kosten des im Körper bereits vorhandenen Eiweisses vollzogen haben. — Die gesamte Menge Stickstoff, welche bei dieser Ernährung im Harn ausgeschieden wurde, beträgt nach den bereits vorgeführten Beobachtungen in der I. Periode bei beiden Lämmern im Durchschnitt bei einem Lebendgewicht von 33.1 kg nur 2.54 g, in der X. Periode bei einem Gewicht von 41.2 kg nur 2.75 g. Ganz ähnliche Zahlen für den Harn hat auch O. Kellner (Zeitschrift f. Biologie 39. Bd., 1900, S. 337) erhalten, indem zwei Lämmer von rund 33 kg Gewicht nur 2.85 bezw. 2.76 g Stickstoff ausschieden bei einem Futter, das in seiner Zusammensetzung dem in den vorliegenden Versuchen gereichten sehr ähnlich und bei dem als stickstoffhaltiges Material ebenfalls Wiesenheu benutzt worden war.

Bei allen diesen wie auch bei den noch weiter unten anzustellenden Berechnungen muss jedoch im Auge behalten werden, dass die Differenz zwischen dem im Futter aufgenommenen und im Kote ausgeschiedenen Eiweiss, die wir als „verdaut“ bezeichnet haben, nicht der wirklich verdauten Menge entspricht, sondern etwas zu niedrig ist, weil vom Wiederkäuer von den stickstoff-

haltigen nichteiweissartigen Bestandteilen fast immer ein Teil in Eiweiss verwandelt und im Kote ausgeschieden wird. Bei der Berechnung der Verdaulichkeit des Eiweisses setzt man also für den unverdauten Teil etwas zuviel ein und findet daher für das verdaute Eiweiss eine zu niedrige Zahl. Bezüglich dieses Produktes sei auf die Ausführungen A. Morgens (Landw. Versuchs-Stationen 68. Bd., 1908, S. 368) und O. Kellners (ebenda S. 463) verwiesen. Legt man nun einem gegebenen Futter, dessen Verdauung in der üblichen Weise ermittelt worden ist, Eiweiss zu, ohne die Menge der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen wesentlich zu ändern, so wird man für dieses zugelegte Eiweiss immerhin ziemlich richtige Zahlen für die Grösse der Eiweissverdauung finden; denn wenn auch hier etwa Eiweiss zum Aufbau unverdaulicher Bakterienleiber verwendet wird, so wird dieser Teil mit Recht von der Zufuhr als unverdaut abgezogen und es bleiben dann nur die Komplikationen übrig, die rechnerisch von den sogen. Stoffwechselprodukten bezw. deren eiweissartigen Teile bedingt werden. Bei einer Zulage von nichteiweissartiger Stickstoffsubstanz dagegen findet man auch bei gleichbleibendem Grundfutter stets etwas zu niedrige Werte für das verdaute Eiweiss. Im Lichte dieser Ausführungen sind daher auch die folgenden Rechnungen zu betrachten.

Was zuerst die Verdauung und Verwertung der im Kleber verfütterten Stickstoffsubstanz anbetrifft, so berechnen sich diese in folgender Weise aus dem Durchschnitte von beiden Lämmern:

	Verdaut		Angesetzt
	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	N g
Periode III	5.42	4.88	2.70
Periode I und X	2.64	2.04	—
Aus dem Kleber der Periode III:	2.78	2.84	2.70
Periode V	5.16	4.54	2.20
Periode I und X	2.64	2.04	—
Aus dem Kleber der Periode V:	2.52	2.50	2.20
Periode VII	6.35	5.58	2.35
Periode I und X	2.64	2.04	—
Aus dem Kleber der Periode VII:	3.71	3.54	2.35
Periode IX	5.87	4.90	2.13
Periode I und X	2.64	2.04	—
Aus dem Kleber der Periode IX:	3.23	2.86	2.13

In Prozenten der verfütterten Menge sind von 100 Teilen Kleberstickstoff verdaut worden:

	Periode III	V	VII	IX
	%	%	%	%
Vom Gesamt-Stickstoff . . .	88.3	94.0	92.5	95.6
„ Eiweiss-Stickstoff . . .	94.7	98.0	92.4	88.8

In den **Ansatz** gingen über von der verdauten Menge in Prozent:

Vom Gesamt-Stickstoff . . .	97.1	87.3	63.4	65.9
„ Eiweiss-Stickstoff . . .	95.1	88.0	66.4	74.5

Wir ersehen aus diesen Ergebnissen, wie **ausserordentlich stark die Fähigkeit des jugendlichen, noch wachsenden Organismus entwickelt ist**, das ihm dargebotene verdauliche Eiweiss zum Aufbau seines Körpers zu verwenden. Obgleich die Tiere in der III. Periode schon im Alter von 8 Monaten standen, verwendeten sie doch noch fast die ganze Menge des über den Erhaltungsbedarf hinaus gereichten Eiweisses zum Ansatz. Im Laufe der weiteren Entwicklung sank das Bedürfnis der Tiere nach diesem Nährstoff allmählich, stellte sich aber in der Schlussperiode bei einem Alter der Tiere von 11 Monaten immer noch so hoch, dass aus nahezu der gleichen Menge Kleber wie in der III. Periode noch rund 75 % des Eiweisses zum Ansatz gelangten. Diese hohen Zahlen traten freilich nur deshalb in die Erscheinung, weil die Eiweisszufuhr den wirklichen Bedarf namentlich zu Anfang des Versuchs nicht wesentlich überstieg. In der VII. Periode tritt uns anscheinend eine Ausnahme entgegen, indessen erklärt sich die etwas niedrigere Verwertung des Eiweisses daraus, dass hier die grösste Klebermenge zum Verzehr gebracht worden war. Es betrug nämlich die Stickstoffzufuhr im Kleber in der Periode III 3.15, V 2.68, VII 4.01 und IX 3.38 g; im Vergleich zu den übrigen Perioden war daher in der VII. der Bedarf stärker überschritten worden. — Untersuchungen ähnlicher Art sind bisher nur von v. Soxhlet (1. Bericht der Versuchsstation zu Wien, 1878, S. 101) und von G. Fingerling (Landw. Versuchs-Stationen 68. Bd., 1908, S. 160) und zwar in beiden Fällen mit Kälbern ausgeführt worden. In beiden Fällen war das zur blossen Lebenderhaltung notwendige Quantum Eiweiss nicht ermittelt, sondern nur die Verwertung des in der gesamten Nahrung verzehrten Stickstoffs ermittelt worden. Ersterer hat dabei gefunden,

dass vom eingeführten Stickstoff 76—65 %, letzterer, dass in drei aufeinander folgenden Perioden bei Vollmilchfütterung ca. 71, bei daran anschliessender Fütterung mit Magermilch 45—40 und in der Schlussperiode wiederum bei Vollmilch 55—45 % des Eiweissstickstoffs angesetzt wurde. Beide Forscher stellten dabei — wie die angegebenen Zahlen lehren — eine allmähliche Abnahme der Verwertung der Milch zum Ansatz fest.

2. Wirkung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen.

Die Verwertung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen, die in den Versuchen des Verfassers an die Lämmer verfüttert wurden, lässt sich wegen der Umwandlung dieser Stoffe in unverdauliches Eiweiss nicht mit der gleichen Schärfe aus den Versuchsergebnissen ableiten, wie die Verwertung des Klebers. Dies gilt namentlich für die Versuche mit Melasseschnitzeln und Kartoffeln. In diesen beiden Fällen lässt sich nicht entscheiden, wieviel Koteiweiss aus den nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen der Schnitzel und der Kartoffeln gebildet worden ist; wir sind hier auf eine Schätzung angewiesen. Besser bestellt ist es um die Versuche mit Malzkeim- und Grasextrakt, die in Wasser löslich waren und daher als vollkommen verdaulich angesprochen werden können.

Nach Ausweis der Zusammenstellungen auf S. 426, 422 und 451 wurde verdaut bezw. angesetzt bei der Fütterung mit Melasseschnitzeln im Durchschnitt von beiden Lämmern:

	Gesamt-N g	Eiweiss-N g	Angesetzt g
Periode II	5.09	3.55	1.76
„ I und X	2.65	2.04	—
mithin aus den Melasseschnitzeln:	2.44	1.51	1.76

Nach Mafsgabe der bis jetzt mit verschiedenen Formen der Eiweissstoffe ausgeführten Untersuchungen müssen wir annehmen, dass die Verwertung dieser Stoffe unter sonst gleichen Verhältnissen nicht wahrnehmbar verschieden ist. Da nun in der auf die Melasseschnitzelfütterung folgenden Periode das verdaute Eiweiss des Klebers zu 95.1 % angesetzt wurde, so würde die aus den Schnitzeln verdaute Menge Eiweissstickstoff einem Ansatz von mindestens 1.44 g N entsprechen. Letztere Zahl ist aber sicher zu niedrig, weil aus den nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen der Melasse nach mehrfachen Untersuchungen

(vergl. K. Friedländer, Landw. Versuchs-Stationen 47. Bd., 1907, S. 298) immer ein Teil in unverdauliches Eiweiss übergeht. Es gilt nun, diesen Teil zu schätzen. Legt man Melasse einem Grundfutter von bekannter Verdaulichkeit zu, so ergibt der Ausnützungsversuch im Durchschnitt dreier verschiedener Beobachtungen, dass 48 % des Melassestickstoffs im Kote wieder erscheinen (O. Kellner, Landw. Versuchs-Stationen 1901, 55. Bd., S. 385), wovon indessen nach den eben erwähnten Untersuchungen Friedländers und anderer noch eine gewisse Menge (ca. 25 % des Kot-Stickstoffs) nicht in Eiweissform austritt. Nach Maſsgabe dieser Zahlen würde die in den Melasseschnitzeln verzehrte Menge Nichteiweiss-N (1.33 g) den Eiweiss-N des Kotes um 0.48 g erhöht haben und es würde demnach die verdaute Menge Eiweiss-N um den letzteren Betrag zu erhöhen sein. Im ganzen wären hiernach aus den Melasseschnitzeln 1.99 g Eiweissstickstoff verdaut worden. Letztere Menge würde, nach der Kleberperiode zu urteilen, mit 95.1 % zum Ansatz kommen können; danach berechnet sich ein Ansatz von 1.89 g N, wogegen im Durchschnitt beider Tiere in Wirklichkeit nur 1.76 g angesetzt wurden. Wenn nun auch die Voraussetzungen, unter denen die vorstehende Berechnung angestellt wurde, bei späteren, noch eingehenderen Untersuchungen vielleicht nicht in vollem Umfange aufrecht zu erhalten wären, so geht trotzdem aus den beigebrachten Zahlen mit grösster Deutlichkeit hervor, dass der nichteiweissartigen Stickstoffsubstanz der Melasse kaum ein Nährwert zukommt und dass sie nicht imstande ist, das Nahrungseiweiss direkt oder indirekt zu ersetzen. Käme ihr eine indirekte Wirkung zu, wäre sie z. B. befähigt, einen Teil derjenigen Funktionen zu übernehmen, die das Eiweiss bei der Erhaltung der Tiere spielt, so hätte diese Wirkung hervortreten müssen; denn das Grundfutter enthielt ja so viel Eiweiss, als zur Deckung der vitalen Funktionen des Organismus erforderlich war, und dieser Betrag hätte dann ganz oder teilweise eingespart und angesetzt werden können. Das Ergebnis der Untersuchung nähert sich also im allgemeinen den Befunden K. Friedländers, nach denen die Stickstoffsubstanz der Melasse den bei Eiweissmangel eintretenden Stickstoffverlust vom Körper nicht zu verhindern vermag. Sie sprechen gegen die von v. Strusiewicz und W. Völtz gezogenen Schlussfolgerungen (S. 409), nach denen die stickstoffhaltigen Melasse-

bestandteile qualitativ dieselbe Bedeutung für den Wiederkäuer haben sollen, wie das Nahrungseiweiss.

Die Wirkung der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen des Malzkeimextraktes (Periode IV) berechnet sich in folgender Weise:

	Verdaut		Angesetzt
	Gesamt-N	Eiweiss-N	
	g	g	g
Periode IV, Lamm I . .	4.14	2.03	+ 0.74
Periode I und X, Lamm I	2.61	2.01	— 0.10
Aus dem Malzkeimextrakt:	1.53	0.02	+ 0.84

Nach der Extraktfütterung fand sich im Kote des Tieres 1.13 g mehr Eiweiss-N als beim Grundfutter, und dieser Überschuss kann bei der Wasserlöslichkeit des Extraktes nur aus der Stickstoffsubstanz des letzteren gebildet worden sein. Daher ist der Betrag von 1.13 g N dem verdauten Eiweiss noch zuzurechnen, dessen Menge sich somit auf 1.15 g erhöht und mit dem verzehrten Quantum sich nahezu deckt. Um nun den Ansatz zu berechnen, der auf letzteren Betrag entfällt, gehen wir von den Klebermehlperioden III und V aus, aus denen sich folgendes ergibt:

	Verdaut		Angesetzt
	Gesamt-N	Eiweiss-N	
	g	g	g
Periode III und V, Lamm I . .	5.40	4.86	+ 2.47
Grundfutterperioden I und X . .	2.61	2.01	— 0.10
Vom Kleber-N:	2.79	2.85	+ 2.57

Danach haben 100 g des aus dem Klebereiweiss verdauten Stickstoffs 90.2 g N zum Ansatz gebracht. Hieraus berechnet sich, dass auf die 1.15 g aus dem Malzkeimextrakt verdauten Eiweiss-N 1.04 g N auf den Ansatz entfallen. Wirklich angesetzt wurden aber nur 0.84 g, woraus sich ergibt, dass auch die nichteiweissartige Stickstoffsubstanz des Malzkeimextraktes die Eiweisswirkung um 0.20 g herabgesetzt hat. Demnach haben auch die sogen. Amide der Malzkeime keinerlei positive Wirkung auf den Eiweissansatz ausgeübt.

Für die Wirkung der nichteiweissartigen Stickstoffsubstanz der getrockneten Kartoffeln stellen wir folgende Berechnung auf, die sich wieder auf den Durchschnitt beider Versuchstiere (I und III) gründen lässt.

	Verdaut		Angesetzt
	Gesamt-N	Eiweiss-N	
	g	g	g
Periode VI, Kartoffeln . . .	6.58	4.41	2.76
Periode I und X, Grundfutter	2.65	2.04	—
Aus den Kartoffeln:	3.93	2.37	2.76

Da in den getrockneten Kartoffeln im ganzen 4.78 g Stickstoff zum Verzehr gelangt waren, so stellt sich die Verdaulichkeit des Kartoffelrohproteins auf 82 $^0/_0$, eine Zahl, die im Vergleich zu den von O. Kellner (Landw. Versuchs-Stationen 68. Bd., 1908, S. 39) verhältnismässig hoch erscheint. Es ist daher auch nicht anzunehmen, dass im vorliegenden Fälle eine besonders ins Gewicht fallende Menge der nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen der Kartoffeln in Eiweiss umgewandelt und im Kote ausgeschieden worden ist, vielmehr dürfte es zutreffender erscheinen, dass die oben berechnete Zahl für die Verdauung des Eiweissstickstoffs (2.37 g) der Kartoffeln mit der Wirklichkeit nahe übereinstimmt. Um die Wirkung dieser Eiweissmenge auf den Ansatz zu finden, ziehen wir wiederum die Ergebnisse der unmittelbar vorangegangenen (V) und nachfolgenden Kleberperiode (VII) in Betracht:

	Verdaut		Angesetzt
	Gesamt-N	Eiweiss-N	
	g	g	g
Periode V und VII, Kleber. . .	5.75	5.06	2.28
Periode I und X, Grundfutter. .	2.64	2.04	—
Aus Kleber:	3.11	3.02	2.28

Es haben also 100 g Stickstoff in Form von verdautem Klebereiweiss 75.5 g N zum Ansatz gebracht, woraus sich berechnet, dass aus den 2.37 g aus den Kartoffeln verdauten Stickstoffs 1.79 g angesetzt worden sein müssen. Dieser Betrag ist um 0.97 g niedriger als der wirklich beobachtete Ansatz, woraus zu schliessen ist, dass die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen der Kartoffeln auf irgend eine Weise an der Fleischbildung beteiligt gewesen sein müssen. Selbst wenn man annehmen wollte, dass die ganze Menge des Kartoffeleiweisses (2.82 g Stickstoff) verdaut worden wäre, so würden vom Ansatz immer noch 0.63 g Stickstoff übrig bleiben,

die vom Nichteiweissstickstoff der Kartoffeln gedeckt worden sein müssten.

Die Wirkung des Grasextraktes berechnet sich aus den Ergebnissen, die bei den beiden Versuchstieren erlangt worden sind, in folgender Weise:

	Verdaut		Angesetzt
	Gesamt-N	Eiweiss-N	
	g	g	g
Periode VIII, Grasextrakt .	4.72	1.80	1.02
Periode I und X, Grundfutter	2.65	2.04	—
Aus dem Grasextrakt:	2.07	— 0.24	1.02

Da nun in den Perioden I und X nur 5.91, in der Periode VIII dagegen 6.34 g Eiweiss-N im Kote ausgeschieden wurde, so müssen aus dem Grasextrakt 0.43 g Eiweiss-N auf die Rechnung der Bakterientätigkeit gesetzt werden. Demzufolge sind aus dem Grasextrakt 0.43 — 0.24 = 0.19 g Eiweiss-N verdaut worden, d. i. 73 % der Menge, die in dem verfütterten Extrakt vorhanden war. — Nach Maſsgabe der Perioden VII und IX mit Klebereiweiss stellt sich die Menge des verdauten Eiweissstickstoffs und der Ansatz auf folgende Werte:

	Verdaut		Angesetzt N
	Gesamt-N	Eiweiss-N	
	g	g	g
Periode VII und IX, Kleber . .	6.11	5.24	2.24
Periode I und X, Grundfutter . .	2.65	2.04	—
Aus dem Kleber:	3.46	3.20	2.24

Danach haben 100 g des aus dem Klebereiweiss verdauten Stickstoffs 70.0 g Stickstoff zum Ansatz gebracht. Auf 0.19 g aus dem Grasextrakt verdauten Eiweissstickstoffs berechnet sich mithin ein Ansatz von 0.13 g und es haben hiernach die nichteiweissartigen Substanzen des Grasextraktes im Betrage von 2.07 g N einen Ansatz von 1.02 — 0.13 = 0.89 g N herbeigeführt. Die nichteiweissartigen Verbindungen der jungen Wiesenpflanzen haben hiernach in ganz ähnlicher Weise gewirkt, wie dies schon vom Asparagin, Ammoniak, von der Asparagin- und Glutaminsäure beobachtet worden ist. Sie sind offenbar imstande, in ähnlicher Weise, wie dies O. KELLNER (S. 407) von dem

Asparagin-Ammon-Gemisch festgestellt hat, die Funktionen des Eiweisses bei der Erhaltung der Wiederkäuer zu übernehmen. Sie haben dadurch einen Teil des gleichzeitig verzehrten Grundfuttereiweisses für produktive Zwecke verfügbar gemacht und hierdurch auf indirektem Wege den Eiweissansatz von 0.9 g herbeigeführt.

Die vorgeführten Untersuchungen lehren somit, dass in der Nährwirkung der nichteiweissartigen Stickstoffsubstanzen verschiedener Futtermittel sich erhebliche Unterschiede geltend machen. Während die nichteiweissartigen Stickstoffverbindungen der Melasse und der Malzkeime keinerlei positive Wirkung erkennen liessen, zeigte es sich, dass die aus jungen Gräsern und Leguminosen, sowie aus Kartoffeln stammenden Stoffe dieser Art eine beschränkte Eiweissersparnis herbeizuführen vermögen.

Die Fettbestimmung in Futtermitteln.

Von

A. GUST. PALMQVIST.

(Mit 3 Textabbildungen.)

Bei der Fettbestimmung in Futtermitteln und dergl. war man bis jetzt fast ausschliesslich auf die SOXHLETsche Extraktionsmethode angewiesen. Dass indessen diese Methode als eine quantitative viel zu wünschen übrig lässt, haben mehrere Analytiker hervorgehoben und häufig sind bei Untersuchung eines und desselben Materials die besonderen Analytiker zu Fettdifferenzen von ganzen Prozenten gekommen. Dass eine Verbesserung der Methode erwünscht ist, geht im übrigen auch daraus hervor, dass im Laufe der Zeit verschiedene Extraktionsmittel probiert und empfohlen, sowie eine Unmenge von Extraktionsapparaten konstruiert worden sind, welche sämtlich eine sogenannte vollständige Extraktion bezweckten, jedoch nicht erreichten.

Auch hat man durch gewisse Vereinbarungen bezüglich der Vorbereitung des Materials und der Ausführung der Analyse den unangenehmen Differenzen vorzubeugen gesucht. Bekanntlich wurde schon auf der konstituierenden Versammlung des Verbandes Deutscher Versuchs-Stationen 1888 in Weimar eine Kommission ernannt zwecks Aufklärung vorgekommener Differenzen bei Fettbestimmungen in getrockneter Schlempe, sowie Vorschläge gemacht zur Fettbestimmungsmethode auszuarbeiten, was bald zu dem noch geltenden Verbandsbeschluss führte. Es dürfte wohl nunmehr der von der internationalen Kommission in Berlin 1903 gefasste Beschluss als Norm überall gelten. Dieser Beschluss enthält, wie bekannt, folgendes: „Die Probe soll tunlichst

bis zum Passieren des 1 mm-Siebes zerkleinert, dann 3 Stunden bei 95° C., keinesfalls über 100° C. vorgetrocknet werden. Bei Ölkuchen mit leicht trocknenden Ölen wird das Vortrocknen im indifferenten Gasstrome oder nur 1 Stunde bei 100° C. vorgenommen. Als Extraktionsmittel ist nur wasser- und alkoholfreier Äther anzuwenden. Die Extraktion soll eine vollständige sein. Der Extrakt braucht nach dem Trocknen nicht ätherlöslich zu sein."

Die für die staatlichen Kontrollstationen Schwedens geltende Instruktion ist allenfalls hiermit übereinstimmend, nur dass sie zur Fettbestimmung die Anwendung der für die Wasserbestimmung abgewogenen und 4 Stunden bei 98—105° C. getrockneten Substanz erlaubt, und dass zucker- und dextrinreiche Futtermittel zuerst mit Wasser zu extrahieren sind.

Dass bei sehr vielen Substanzen das Resultat vom Feinheitsgrade der Probe abhängig ist, dass aber nicht einmal die vorgeschriebene Zerkleinerung auf 1 mm genügt, dies ist sowohl von mir wie auch von anderen konstatiert worden. Als Beispiel mag nun folgender Versuch erwähnt werden. Eine Probe Weizenkleie wurde in 3 Teile geteilt. Der eine Teil wurde nicht zerkleinert, der zweite dagegen gemahlen bis zum Passieren des 1 mm-Siebes und der dritte Teil, bis alles durch das $^1/_2$ mm-Sieb hindurch ging. In sämtlichen Proben wurde der Wassergehalt bestimmt, danach die Extraktion 12 Stunden lang fortgesetzt, und zwar so, dass während dieser Zeit etwa dieselbe Äthermenge die drei Extraktionshülsen durchlief. Die dabei erhaltenen Fettprozente, auf wasserfreie Substanz umgerechnet, waren resp. 3.7 — 4.0 — 4.4 %. Dass nicht einmal die letztere, praktisch noch ausführbare Zerkleinerung bis auf $^1/_2$ mm genügt, zeigte sich nachher, als ich durch eine von mir ausgearbeitete Fettbestimmungsmethode in der betreffenden Probe 4.8 % Fett fand.

Noch einige Faktoren, die in sehr hohem Grade auf die mit der Extraktionsmethode erhaltenen Resultate einwirken, sind die Zeitdauer und die Schnelligkeit, mit welcher die Extraktion erfolgt, also die im ganzen durchgegangene Äthermenge. Bei meinen Versuchen war ich bemüht, die Extraktion so zu führen, dass der SOXHLETsche Apparat jede 5 Minuten entleert wurde. Jede Entleerung betrug etwa 50 ccm, somit waren im Laufe von 12 Stunden etwa 7200 ccm Äther durch die Substanz

gegangen. Eine Weizenkleie, die das 1 mm-Sieb passiert hatte, wurde wie gewöhnlich vorgetrocknet, dann 5 Stunden extrahiert und dabei 3.5 % Fett erhalten. Nach fernerer 7stündiger Extraktion waren im ganzen 3.8 % Fett ausgezogen. Die Extraktion, noch 12 Stunden fortgesetzt, gab 4 % Fett; es waren dann während 24stündiger Extraktion, um 0.2 g Fett auszuziehen, im ganzen mehr als 14 l Äther durch die Substanz gegangen.

Ein ähnlich präparierter Sonnenblumenkuchen gab bei derselben Behandlung resp. 8.2 — 8.8 — 9.0 % Fett.

Schon aus diesen beiden Beispielen geht zur vollen Evidenz hervor, wie notwendig es ist, dass die Extraktion in einer bestimmten Zeit und mit bestimmter Geschwindigkeit erfolgt, damit für jede Analyse dieselbe Äthermenge in der bestimmten Zeit die Substanz durchläuft. Nur unter diesen Bedingungen sind einigermaſsen übereinstimmende Resultate zu erwarten. Davon wird jedoch weder in den deutschen noch schwedischen Vereinbarungen irgend etwas erwähnt, es heisst nur ganz kategorisch, dass die Extraktion eine vollständige sein soll. Eine solche zu erreichen, ist indessen ein Ding der Unmöglichkeit. Nicht einmal durch eine mehrere Tage und Nächte hindurch fortgesetzte Extraktion lässt sich das Fett vollständig ausziehen.

Zur Erschwerung einer vollständigen Extraktion trägt teilweise das Vortrocknen bei, und es erscheint unerklärlich, weshalb dieses Vortrocknen bei allen Stoffen obligatorisch gemacht wird, da es faktisch nur in einer verschwindend kleinen Zahl der Fälle wirklich notwendig ist. A priori ist ersichtlich, dass die Resultate der Extraktionsmethode immer zu niedrig ausfallen müssen. Zwar wird dies zum Teil dadurch kompensiert, dass während der langen Extraktionszeit eine geringe Menge Nicht-Fett aufgelöst wird, auch beim vollständig alkohol- und wasserfreien Äther. In der Mehrzahl der Fälle ist indessen diese Verunreinigung unbedeutend und dürfte keinesfalls die durch unvollständige Extraktion entstandenen Verluste ausgleichen. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Methode als eine Kompensationsmethode zu bezeichnen ist und zwar als eine sehr schlechte. Dass sie als quantitative Analysenmethode nicht längst beseitigt wurde, verdankt sie wohl ausschliesslich dem Umstande, dass es bis jetzt keine bessere zum Ersatze gab.

Eine Ausschüttelmethode wurde, wie bekannt, schon im Jahre 1896 von Prof. Dr. LOGES zur Prüfung empfohlen, und zwar folgende: 5 g event. vorgetrocknete Substanz werden mit 100 ccm wasser- und alkoholfreiem Äther in einem Zylinder mit gut eingeschliffenem Glasstöpsel $^1/_2$ Stunde im WAGNERschen Rotierapparat geschüttelt. Man filtriert auf ein grosses Faltenfilter und hält den Trichter gut bedeckt. Vom Filtrate wird ein aliquoter Teil, wenigstens 50 ccm, in tarierten Fettkölbchen wie gewöhnlich abdestilliert, getrocknet und gewogen. LOGES referiert (Landw. Versuchs-Stationen LXIV, S. 28) sowohl über die von ihm erhaltenen Resultate im Vergleich mit der Extraktionsmethode als auch über Erfahrungen anderer Analytiker bei Anwendung der Methode. Er fand selber eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den beiden Methoden, jedoch immer etwas niedrigere Zahlen beim Ausschütteln, nämlich von 0.07 $^0/_0$ im Baumwollsaatmehl bis zu 0.54 $^0/_0$ im Reisfuttermehl. Indessen ist er der Ansicht, dass die niedrigeren Zahlen einen richtigeren Ausdruck für den wahren Fettgehalt geben als die nach der Extraktionsmethode erhaltenen, um so mehr, als die letzteren mittels unkontrollierbarer, unter Umständen 80facher Äthermenge gewonnen sind. Auch andere Analytiker hatten eine ähnliche, recht befriedigende Übereinstimmung gefunden, einer dagegen Differenzen bis zu 2 $^0/_0$.

Wie oben angedeutet, bin ich der Ansicht, dass schon die Extraktionsmethode zu niedrige Resultate liefert. Bei meinen Versuchen mittels der Ausschüttelmethode war ich deshalb bemüht, diese so abzuändern, dass sie höhere Werte gäbe. Einmal verlängerte ich die Zeit der Ätherbehandlung bis auf 1 Stunde. Sodann unterwarf ich die Substanz während der Ätherbehandlung einer intensiveren mechanischen Bearbeitung teils bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, teils auch bei erhöhter Temperatur, die den Äther in lebhaftem Kochen unterhielt. Hierbei benutzte ich den in Fig. 1 skizzierten Apparat. Dieser besteht aus einem dickwandigen Glaskolben a, Rückflusskühler b, Umrührer c, der durch den Metallkühler geht und von einer Wasserturbine getrieben wird, und aus 2 massiven Glaskugeln d. Bei Massenanalysen lassen sich 6—10 Apparate zusammenkuppeln, in demselben Wasserbade erwärmen und von einer Turbine treiben. Vor der Anwendung des Apparates wurden Glaskugeln und Innenwand des nach den Kugeln geformten

Kolbenbodens mit Sand mattgeschliffen, darauf der Kolben derartig graduiert, dass nach Einwägen von 4 g Substanz und Einmessen von 100 ccm Äther von 17.5° C. mittels 50 ccm-Pipette am Kolbenhalse ein Strich angebracht wurde, der beim gewöhnlichen Ausschütteln als 100 ccm-Marke diente. Eine ähnliche Graduierung wurde angebracht bei Anwesenheit der Kugeln nebst Substanz, und die jetzt erhaltene 100 ccm-Marke wurde bei der Digestion unter mechanischer Behandlung mit Kugeln und Umrühren benützt. Beim Ausschüttelverfahren wurden 4 g eingewogen, der Kolben bis zur unteren Marke mit Äther von 17.5° C. angefüllt, durch einen mit Wasser benetzten Kork verschlossen und 1 Stunde im Rotierapparate geschüttelt. Bei der Digestion wurden neben den Glaskugeln ebenfalls 4 g in den Kolben eingeführt, 75 ccm Äther zugesetzt, 1 Stunde gerührt, teils bei gewöhnlicher Temperatur, teils auch unter Erwärmen im Wasserbade von 40° C. Das Rührwerk machte etwa 300 Umdrehungen in der Minute, wodurch die Substanz durch die vom Rührer herumgerollten Glaskugeln einer ganz intensiven Bearbeitung ausgesetzt wurde. Nach beendigter Digestion wurde der Kolben und dessen Inhalt auf 17.5° C. abgekühlt, mit Äther von derselben Temperatur zur oberen Marke aufgefüllt, mit einem benetzten Korke verschlossen und einige Male umgeschüttelt. Die Filtration geschah durch die Anordnung e Fig. 1,

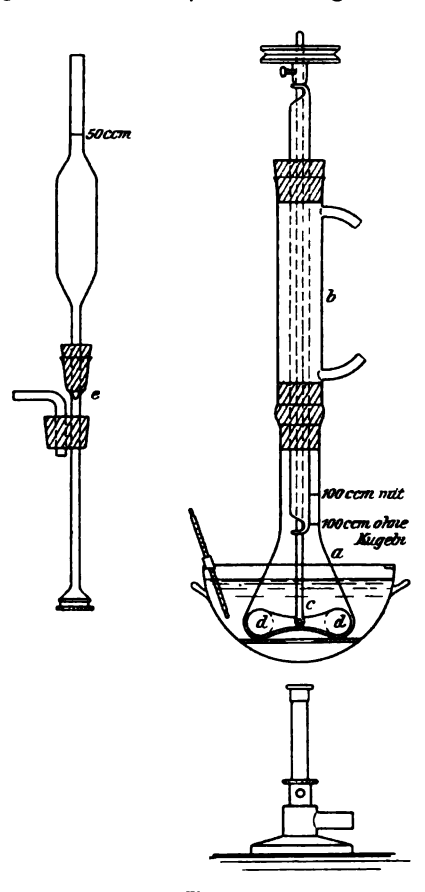


Fig. 1.

die auf dem Kolben angebracht war. Mit Hilfe einer mit der Wasserleitung verbundenen Druckflasche wurde die Ätherlösung durch das Filter in die 50 ccm-Pipette hinaufgedrückt. Nach Abmessen von 50 ccm in einem tarierten 100 ccm-Becher (Phillips) wurde die Pipette mit einigen Kubikzentimetern Äther mittels einer Spritzflasche nachgespült, der Äther abdestilliert, Becher mit Inhalt 15 Minuten auf kochendem Wasserbade getrocknet und dabei mit einem Blasebalg alle 5 Minuten kräftig ausgeblasen. Nach dem Abwischen mit einem trockenen Tuche wurde der Becher zum Erkalten in der Nähe der Wage hingestellt und nach $^1/_2$ Stunde gewogen. Die Gewichtszunahme in Centigrammen, durch 2 dividiert, gibt den Fettgehalt in Prozenten an. Die Resultate sind aus folgender Tabelle I ersichtlich. Zur Extraktion der 4 Stunden bei 103° C. vorgetrockneter Substanz wurde über Natrium destillierter Äther benutzt und der Extraktionsapparat war durch ein Chlorcalciumrohr abgesperrt. In allen übrigen Fällen benutzte ich gewöhnlichen Äther vom spez. Gewicht 0.72, frei von Abdampfrückstand. Der in den mit * bezeichneten Fällen erhaltene Extrakt war nicht ganz ätherlöslich; er wurde auf folgende Weise gereinigt. In ein graduiertes, mit 20 ccm 50 %igem Alkohol beschicktes Gottliebrohr wurde das Extrakt mit Hilfe von 25 ccm Äther eingeführt, 25 ccm Petroläther zugesetzt und wie bei der Milchprüfung nach Gottlieb-Röse verfahren. Von der Äther-Fettlösung wurde ein aliquoter Teil abgehebert, abgedampft, getrocknet und gewogen. Die dabei erhaltenen Resultate sind mit ** bezeichnet und in der letzten Spalte zu finden; das so gereinigte Fett war vollständig klar und löslich in wasser- und alkoholfreiem Äther. Der im Äther unlösliche Teil setzte sich bei der Gottlieb-Röse-Behandlung als eine dünne Schicht auf der Grenze zwischen Alkohol- und Ätherlösung ab.

(Siehe die Tabelle I auf S. 467.)

Wie aus der Tabelle ersichtlich, hat das 1stündige Ausschütteln die niedrigsten Resultate gegeben, ihm am nächsten die 12stündige Extraktion von vorgetrockneter Substanz. 12-stündige Extraktion von nichtgetrockneter Substanz und 1- bis 2stündige Digestion beim Siedepunkte des Äthers gaben eine sehr gute Übereinstimmung, während die Digestion bei Zimmertemperatur ein wenig niedrigere Zahlen lieferte. Hiermit ist

Tabelle I.

Material:	Zerkleinerungsgrad: 1 mm-Sieb: 1 Stunde Ausschütteln	12 Std. Extraktion mit Vortrocknen	12 Std. Extraktion ohne Vortrocknen	1 Std. Digest. bei Zimmertemperatur	1 Stunde Digestion bei 35—40° C.	2 Stunden Digestion bei 35—40° C.	½ mm-Sieb: 1 Stunde Ausschütteln	12 Std. Extraktion mit Vortrocknen	12 Std. Extraktion ohne Vortrocknen	1 Std. Digest. bei Zimmertemperatur	1 Stunde Digestion bei 35—40° C.	2 Stunden Digestion bei 35—40° C.	Extrakt behandelt nach Gottlieb-Rose
Erdnusskuchen	8.1	8.3	8.4 *	8.2	8.3	8.3	8.2	8.3	8.4 *	8.3	8.3	8.3	8.3 **
Sonnenblumenkuchen	10.8	11.0	11.0	11.1	11.1	11.1	10.7	10.9	11.0	11.1	11.1	11.1	
Leinsamenkuchen	11.1	11.3	11.4	11.3	11.4	11.4	11.0	11.3	11.4	11.4	11.4	11.4	
Leinsamenmehl	6.2	6.0	6.8	6.6	6.7	6.8	6.4	6.1	6.8	6.7	6.8	6.8	
Rapskuchen	7.6	8.1	8.2	8.2	8.3	8.3	7.8	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3	
Baumwollsaatkuchen	7.9	8.1	8.1	8.1	8.2	8.2	7.9	8.1	8.2	8.1	8.2	8.2	
Weizenkleie (gut ausgemahlen)	3.2	3.9	4.1	4.0	4.2	4.2	3.7	4.0	4.3	4.2	4.2	4.2	
Weizenkleie (schlecht ausgemahlen)	2.7	3.2	3.7	3.6	3.7	3.8	3.1	3.6	3.7	3.6	3.8	3.8	
Reisfuttermehl	—	—	—	—	—	—	9.9	10.3 *	10.2 *	9.9	10.2 *	10.2 *	9.9 **
Timothyheu	1.3	1.5	1.8	1.4	1.8	1.8	—	—	—	—	—	—	

bewiesen, dass eine recht kurze Behandlung mit verhältnismässig wenig Äther ebenso viel, ja sogar mehr Fett aufzulösen vermag als 12stündige Extraktion, bei der 7—8 l Äther erforderlich sind, um einige Centigramme Fett auszuziehen. Vor der Extraktion bietet die Digestion im übrigen den grossen Vorteil, dass mit ihrer Hilfe eine befriedigende Übereinstimmung unter verschiedenen Analytikern zu erzielen ist. Die von mir nach dieser Methode ausgeführten Doppelanalysen differierten selten um mehr als 0.1 %.

Indessen ging ich von der Voraussetzung aus, dass sogar nach einer ins Unendliche fortgesetzten Extraktion die Substanz immerhin noch etwas Fett festhielt. Um zu entscheiden, ob diese Annahme zutreffend sei, extrahierte ich einen Baumwollsaatkuchen 48 Stunden. Darauf wurde mit verdünnter Salzsäure verzuckert und mit einer grösseren Menge Äther ausgeschüttelt. Nachdem die Ätherlösung sich vollständig geklärt hatte, wurde abgehebert und eingedampft. Es blieb ein Rückstand, der sich wesentlich als aus Fett bestehend erwies. Um alles Fett zu gewinnen, muss man somit die Substanz einer derartigen Behandlung unterwerfen, dass die Stärke zersetzt und die Zellmembranen zerrissen werden, was durch gewöhnliches Verzuckern bei 100° C. mit einer Säure zu erreichen ist. Die Substanz nachher einzutrocknen, um auf übliche Weise zu extrahieren, wäre zwecklos, weil das Fett dann voraussichtlich wiederum von Zucker und Proteinsubstanz teilweise eingeschlossen und für den Äther unzugänglich werden würde.

Wie oben erwähnt, hatte ich in den Fällen, wo ein in Äther teilweise unlösliches Extrakt entstanden war, dieses durch Ausschütteln mit Alkohol, Äther und Petroläther nach GOTTLIEB-RÖSES Fettbestimmungsverfahren gereinigt. Es lag somit nahe, ein ähnliches Verfahren nach der Verzuckerung zu probieren. 1 g Substanz wurde im graduierten Rohre mit 10 ccm 0.5 %iger Salzsäure während 1 Stunde verzuckert. Nach der Neutralisation mit Marmorpulver und Abkühlen wurden 10 ccm Alkohol zugemischt, dann mit 25 ccm Äther geschüttelt, 25 ccm Petroläther zugesetzt und einige Male kräftig geschüttelt. Bei der letzten Manipulation wurde indessen das ganze Gemisch in eine gelatinöse homogene Masse umgewandelt; es kam keine Trennung der Alkohol- und Ätherlösung zustande, nicht einmal beim längeren Erwärmen im Wasserbade unter aufgesetztem Rück-

flusskühler. Beim Ausgiessen in einen geräumigen Becher trat aber Trennung rasch und vollständig ein, es entstand eine scharfe Grenze zwischen Alkohol- und Ätherschicht, was wahrscheinlich der vergrösserten Absatzfläche und verminderten Friktionsfläche gegen die Gefässwand zuzuschreiben ist.

Auf Grund dieser Erscheinung und um eine etwas grössere Substanzmenge in Arbeit nehmen zu können benutzte ich den in Fig. 2 abgebildeten Glaskolben, der bis zum Kolbenhalse 120 ccm und dessen Hals, im ganzen in Kubikzentimeter eingeteilt, 45 ccm fasst. Es wurden 2 g Substanz mit 20 ccm 0.5 %iger Salzsäure während 1 Stunde im kochenden Wasserbade verzuckert, auf den Kolben war ein 1/2 m langes und 1 cm weites Glasrohr als Rückflusskühler aufgesetzt. Die Säure wurde mit 1/2 g Marmorpulver abgestumpft, nach Abkühlen und Zusatz von 20 ccm 92—93 %igem Alkohol unter Umschwenken des Kolbens wurden 40 ccm Äther vom spez. Gewicht 0.72 zugefügt und im Rotierapparate wechselnde Zeiträume von 5—30 Minuten geschüttelt. Nach Zusatz von 60 ccm Petroläther, der unter 75 ° C. überdestilliert war, wurde einige Male umgeschüttelt. Schon nach 15 Minuten, wobei das Absetzen durch dann und wann wiederholte pendelartige Bewegungen des Kolbens beschleunigt wurde, zeigte sich die Grenze zwischen Emulsion und Ätherlösung sehr scharf.[1]) Der Kolben wurde nun wenigstens 1 Stunde stehen gelassen, dann das Gesamtvolumen abgelesen, das in sämtlichen Fällen 140 ccm ausmachte. Auf den Kolben wurde jetzt die Pipette b, Fig. 2, derart aufgesetzt, dass deren Spitze sich gleich über der Emulsionsgrenze befand. Mittels Lufteinblasen durch die gebogene Glasröhre wurde die Pipette

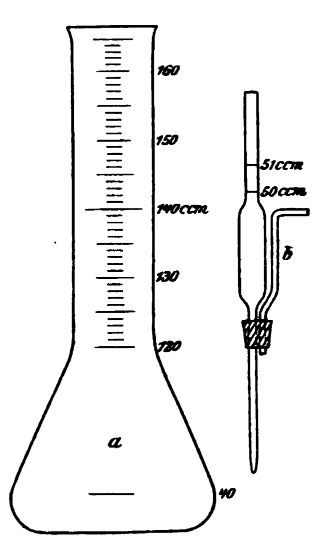


Fig. 2.

[1]) Um leicht zu erkennen, wann das Absetzen sich vollständig vollzogen hat, ist am Kolben bei ca. 40 ccm eine Marke eingeätzt.

gefüllt, 50 ccm in einen tarierten Becher abgemessen, abgedampft usw. Der mit Kork wieder verschlossene Kolben wurde vorsichtig umgekehrt, damit die schwerere Emulsion in den Kolbenhals sich absetzte; anhaftende Emulsionsreste wurden unter Umschwenken der Ätherlösung nach unten gebracht, das Volumen der Emulsion nach 15—30 Minuten abgelesen, vom Gesamtvolumen abgezogen und somit das Volumen der Ätherlösung gefunden. Aus diesem und dem Gewichte der eingedampften 50 ccm wurde sodann der Fettgehalt gefunden.

Die Resultate dieser Versuche wechseln je nach der Ausschütteldauer. Je länger die letztere, um so höher waren die Resultate. Eine vollständige Fettgewinnung war indessen auf diese Weise nicht zu erreichen. Da somit ein einfaches Schütteln mit Äther bei gewöhnlicher Temperatur nicht genügt, ersetzte ich das Ausschütteln durch Digestion im Wasserbade bei 45—50° C. unter Anwendung des vorhin beschriebenen Apparates ohne Glaskugeln.

Ich hatte bei den obigen Versuchen beobachtet, dass die Ätherlösung immer fast genau 102 ccm ausmachte, und kontrollierte dies auch wie folgt: In den Kolben wurde 0.5 g Marmorpulver eingewogen und die üblichen Reagensmengen eingemessen. Nach Umschütteln war das Gesamtvolumen 138.5 ccm, die Alkohollösung 36.5 ccm, die Ätherlösung somit ganz richtig 102 ccm. Ferner wurde konstatiert, dass 2 g der gewöhnlich vorkommenden Stoffe 1.5—1.7 ccm, abgerundet 1.5 ccm ausmachen. Die Flüssigkeitsvolumina bei der Analyse müssen demnach resp. 140, 38, 102 ccm sein. Zum Abpipettieren der Ätherlösung benutzte ich deshalb eine Pipette, die bis zur Marke 51 ccm fasste, entsprechend 1 g Substanz. Das gewogene Fett in Centigrammen gibt somit den Fettgehalt direkt in Prozenten an. Die in Tabelle II angeführten Zahlen sind nach diesem Verfahren erhalten. Die Tabelle gibt zugleich die bei der Analyse abgelesenen Volumina der Ätherlösung an, teils zur Kontrolle, teils um ihre Anwendbarkeit zu zeigen, wenn Stoffe mit besonders hohem Wassergehalte zur Analyse vorliegen. Die abgelesenen Volumina weichen in solchen Fällen etwas von den normalen ab und werden bei Berechnung des Fettgehaltes benutzt.

Tabelle II.

		Extraktion	Verzuckerungs-Digestion:								
			Fettgehalt				Vol. d. Ätherlösung		Diff. von 102 ccm		Fett im Extraktions-rückstand
			I.	II.	Mittel	Differenz von Extrakt.	I.	II.	I.	II.	
1.	Erdnusskuchen	8.3	8.57	8.47	8.52	+ 0.22	101.5	102.0	— 0.5	0	—
2.	Sonnenblumenkuchen	11.0	11.63	11.73	11.68	+ 0.68	102.5	102.0	+ 0.5	0	—
3.	Leinsamenkuchen	8.7	8.92	8.96	8.94	+ 0.24	102.5	102.5	+ 0.5	+ 0.5	—
4.	Leinsamenmehl	6.0	6.73	6.73	6.73	+ 0.73	102.0	102.0	0	0	—
5.	Rapskuchen	8.1	9.08	9.08	9.08	+ 0.98	102.0	102.0	0	0	—
6.	Baumwollsaatkuchen, geschält	8 4	9.80	9.90	9.85	+ 1.45	103.0	103.0	+ 1.0	+ 1.0	—
7.	„ ungeschält	4.7	5.94	6.00	5.97	+ 1.27	102.5	102.5	+ 0.5	+ 0.5	1.29
8.	Maiskeimkuchen	11 1	11.34	11.42	11.38	+ 0.28	103.0	103.0	+ 1.0	+ 1.0	—
9.	Sesamkuchen	11.5	12.00	11.92	11.96	+ 0.46	102.0	102.5	0	+ 0.5	—
10.	Weizenkleie, grobe	3.8	4.59	4.54	4.57	+ 0.77	102.0	102.5	0	+ 0.5	—
11.	„ mittlere	3.9	4.48	4.50	4.49	+ 0.59	102.5	102.5	+ 0.5	+ 0.5	—
12.	„ feine	3.3	4.12	4.18	4.15	+ 0.85	102.5	102.5	+ 0.5	+ 0.5	—
13.	Reisfuttermehl	10.3	10.40	10.50	10.45	+ 0.15	101.5	101.0	— 0.5	— 1.0	—
14.	Glutin (gluten feed)	4.7	7.20	7.30	7.25	+ 2.55	101.0	101.0	— 1.0	— 1.0	2.39
15.	Melassefutter (Palmkernmehl)	0.7	1.22	1.22	1.22	+ 0 52	103.0	103.0	+ 1.0	+ 1.0	—
16.	Biertreber	6.7	9.28	9.38	9.33	+ 2.63	101.5	101.5	— 0.5	— 0.5	2.90
17.	Timothyheu	1.9	2.35	2.14	2.25	+ 0.35	101.0	100.5	— 1.0	— 1.5	—
18.	Roggenmehl, grobes	1.70	2.55	2.53	2.54	+ 0.84	102.5	102.5	+ 0.5	+ 0.5	—
19.	Weizenmehl	1.21	1.84	1.84	1.84	+ 0.63	102.0	102.0	0	0	—
20.	Schwarzbrot	2.08	2.65	2.65	2.65	+ 0.57	102.0	102.5	0	+ 0.5	—
21.	„Limpa“ (aus Roggen und Weizen)	1.39	1.73	1.73	1.73	+ 0.34	102.0	102.5	0	+ 0.5	—
22.	Weizenbrot	9.70	9.84	9.92	9.88	+ 0.18	103.0	103.0	+ 1.0	+ 1.0	—
23.	Kakao	31.36	31.82	31.80	31.81	+ 0.45	102.0	102.0	0	0	—

Wie aus der Tabelle ersichtlich, wechselten die Volumina der abgelesenen Ätherlösung von 100.5—103 ccm, was von zwei einander teilweise kompensierenden Faktoren abhängt. Erstens ist die Alkoholemulsion, weil dickflüssig, schwer in den graduierten Kolbenhals vollständig herunterzubringen und wird zu niedrig, die Ätherlösung somit zu hoch abgelesen. Ferner kehrt sich das Verhältnis auf Grund folgender Tatsachen um: Bei Ablesung der im Kolbenhalse befindlichen Emulsion hat sich die feste Substanz hauptsächlich unten an den Kork (Fig. 3a) abgesetzt. Ein kleiner Teil erhält sich indessen schwimmend und bleibt an der Grenze der Ätherschicht, Fig. 3 b. Bei vorsichtigem Umschwenken verteilt sich dieser kleine Pfropfen nach unten in die Alkoholemulsion, nicht nach oben in die Ätherlösung hinein, hat somit etwa dasselbe spez. Gewicht wie die Emulsion und ein weit höheres als die Ätherlösung. Der grösste Teil des Pfropfens befindet sich folglich in der Emulsion, während nur ein kleiner Teil in die Ätherlösung hinaufragt und die Ablesung der letzteren zu niedrig ausfallen lässt, wenn man den oberen Rand des kleinen Pfropfens zur Ablesung benutzt. Wie geringfügig dieser Umstand ist, geht indessen aus der Tabelle II hervor. Die abgelesenen Zahlen sind nämlich in der Regel zu hoch, seltener zu niedrig. Das erstere ist z. B. bei Baumwollsaatkuchen No. 6 ersichtlich.

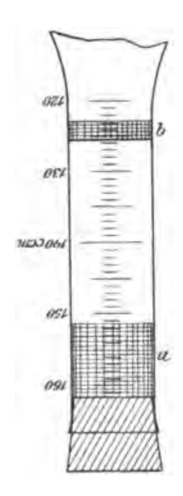


Fig. 3.

Die eine Analyse gab 0.980 g gewogenes Fett. Anstatt 102 wurden 103 ccm Ätherlösung abgelesen. Die fehlerhafte Ablesung bringt somit einen Fehler von $\frac{9.80 \times 103}{102} - 9.80 = 0.10\,\%$, was ja in der Tat wenig bedeutet. Der letztere Fall trifft bei Timothy No. 17 zu. Hier war der Grenzpfropfen bedeutend grösser als gewöhnlich, die langen, nadelförmigen Fasern ragten deutlich ein ganzes Stück in die Ätherlösung hinauf. Indessen ist in diesem Falle des geringen Fettgehaltes zufolge die fehlerhafte Ablesung von noch geringerer Bedeutung. Zur ferneren Erklärung der Tabelle II erwähne ich, dass die Extraktionsmethode mit Substanz ausgeführt wurde,

die bei 103° C. 4 Stunden vorgetrocknet war, und zwar bei No. 2, 3, 4 im Kohlensäurestrome. Die Kakaoprobe wurde vor dem Trocknen mit 4 Teilen Sand vermischt. Die Brotproben wurden vor der Extraktion verzuckert, die breiige Masse auf Adamspapier eingetrocknet, nach Verfahren von Weibull. Die Melassemischung wurde zuerst mit Wasser extrahiert, dann getrocknet. Die Ätherextraktion wurde immer 12 Stunden fortgesetzt, derart, dass in dieser Zeit 7—8 l Äther durch die Substanz gingen. Das Fett wurde 1 Stunde bei 103° C. getrocknet, bei No. 2—4 im Kohlensäurestrome. Bei No. 18—22 sind die Fettprozente auf Trockensubstanz berechnet. Die Extraktionsreste von No. 7, 14, 16 wurden nach beendigter Extraktion aus den Papierhülsen herausgenommen, getrocknet und sorgfältig gemischt, sodann 2 g abgewogen und nach der Verzuckerungs-Digestionsmethode behandelt. Auf den ursprünglichen Wassergehalt berechnet wurden dabei resp. 1.29—2.39—2.90 % gefunden, mithin recht genau entsprechend den Differenzen zwischen beiden Methoden.

Bekanntlich ist das mittels Extraktion erhaltene Rohfett von Harzen, Wachsarten, Farbstoffen, organischen Säuren, event. auch von Zucker und Dextrin verunreinigt. Das nach meinem Verfahren erhältliche Fett ist allerdings auch von den drei ersteren verunreinigt, indessen nicht von den übrigen. 2 g Kartoffelstärke wurden mit je 0.2 g Milchsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure versetzt und gaben nach Verzuckerungs-Digestion 0.06 % Fett, was für Kartoffelstärke normal ist. Zucker und organische Säuren blieben somit vollständig in der Alkoholemulsion. Die Verunreinigung von Farbstoffen dürfte wohl ohne praktische Bedeutung sein. Dagegen kann der Gehalt an Harzen und Wachsarten in speziellen Fällen bis zu 50 % oder mehr vom Rohfette betragen und müsste wohl dann von Rechts wegen besonders bestimmt werden.

Es ist gesagt worden, dass bei Pepsin- und Salzsäurebehandlung eine ätherlösliche Seitenkette des Eiweissmoleküles sich abspalten könne. Bei meinem Verfahren habe ich das als nicht zutreffend gefunden, was u. a. auch daraus hervorgeht, dass der stickstoffreiche Erdnusskuchen einen Fettgehalt zeigt, der nur mit 0.22 % den bei Extraktion gefundenen übersteigt. Die grossen Unterschiede kommen dagegen bei verhältnismässig stickstoffarmen Stoffen vor.

Wie zuvor gezeigt, sind die bei der Extraktion gefundenen Resultate in gewissen Fällen vom Feinheitsgrade des Analysenmateriales sehr abhängig. Dass bei der neuen Methode dies nicht der Fall ist, zeigt folgender Versuch. No. 10 Weizenkleie, welche 4.57 % Fett enthielt und unvermahlen einen Siebrückstand von 16 % > 3 mm, 20 % > 2 mm, 40 % > 1 mm hinterliess, gab in diesem Zustande bei der Verzuckerungs-Digestion 4.51 % Fett, während durch Extraktion sich nur 3.0 % ausziehen liessen.

Aus der Tabelle II ist ferner ersichtlich, dass nur in einem einzigen Falle die Doppelanalyse grössere Differenz als 0.10 % aufwies, und zwar bei dem Timotheeheu, wo sie bis 0.21 % stieg, was wahrscheinlich von der noch langfaserigen Beschaffenheit der feingemahlenen Probe herrührte, die das Abwiegen einer zuverlässigen Durchschnittsprobe von 2 g erschwerte.

Die Vorteile meiner Methode vor der bis jetzt üblichen Extraktionsmethode sind in kurzen Worten folgende:

1. Schnelleres, in vielen Fällen bequemeres Arbeiten.
2. Wegfall des Vortrocknens der Substanz, event. deren Wasserextraktion.
3. Unabhängigkeit vom Feinheitsgrade der Substanz.
4. Vollständige Gewinnung des Fettes und dessen geringerer Gehalt an Verunreinigungen.
5. Schliesslich vor allem die Möglichkeit, übereinstimmende Resultate unter verschiedenen Analytikern zu bekommen.

Ich möchte deshalb die Methode einer umfassenden Prüfung aufs wärmste empfehlen und hoffe, dass ihre Vorteile erkannt und die Extraktionsmethode mit ihren grossen, längst erwiesenen Mängeln aus der Welt geschafft werde.

Unter Anwendung des zuvor beschriebenen Apparates ist meine Methode in folgender Weise auszuführen:

„2 g Substanz werden im Analysierkolben mit 20 ccm 0.5 %iger Salzsäure übergossen. Der Kolben wird mit einem gut schliessenden Korke versehen, der ein 1 cm weites und 1/2 m langes, als Rückflusskühler dienendes Glasrohr trägt; es wird darauf im kochenden Wasserbade 1 Stunde verzuckert, sodann mit 0.5 g Marmorpulver neutralisiert. Durch Einsetzen in kaltes Wasser wird der Kolben (mit aufgesetztem Glasrohre)

abgekühlt, dann 20 ccm 92—93 %iger Alkohol zugemischt und 40 ccm Äther vom spez. Gewicht 0.72 zugegeben. Mit Hilfe eines mit Rückflusskühler kombinierten Rührwerkes wird jetzt im Wasserbade bei 45—50° C. 30 Minuten digeriert, sodann das Wasserbad durch ein 1/2 l Wasser von 13—14° C. enthaltendes Gefäss ersetzt. Der Kolben mit Inhalt hat nach 15 Minuten eine Temperatur von etwa 17° C. angenommen. Die an dem Rührer haftende kleine Flüssigkeitsmenge wird bei Abnehmen des Kolbens gegen die Innenseite des Kolbenhalses abgestrichen. Nach Zusatz von 60 ccm Petroläther, der unter 75° C. überdestilliert, wird der Kolben von einem mit Wasser benetzten Kork verschlossen und einige Male umgeschüttelt. Durch dann und wann unternommene Pendelschwingungen befördert man die Trennung der Alkohol- und Ätherschichten und nach vollständigem Separieren wird mindestens 1 Stunde stehen gelassen. Nimmt nun der Inhalt des Kolbens ein Volumen von 140 ccm ein, so ist dies ein Zeichen, dass während der Analyse kein Flüssigkeitsverlust stattgefunden hat. Von der klaren Ätherfettlösung werden 51 ccm in einen tarierten Phillips-Becher gebracht, auf dem Wasserbade verdampft — wobei zu beachten, dass der Becherinhalt nicht ins Kochen kommt —, auf kochendem Wasserbade 15 Minuten unter zeitweiligem Hineinblasen mittels eines Blasebalges getrocknet. Der Becher wird mit einem Tuche abgewischt, in der Nähe der Wage hingestellt und nach 1/2 Stunde gewogen. Die Gewichtszunahme in Centigrammen gibt den Fettgehalt in Prozenten an. Weicht das Gesamtvolumen beträchtlich von 140 ccm ab oder war die Substanz besonders wasserhaltig, so wird das Volumen abgelesen und aufgeschrieben. Nach dem Abmessen von 51 ccm Ätherfettlösung wird der Kolben wieder zugekorkt, langsam umgekehrt, die Emulsion unter Umschwenken vollständig in den graduierten Kolbenhals hinuntergebracht, nach einigen Minuten dessen Volumen abgelesen und vom Gesamtvolumen abgezogen. Das sodann gefundene Volumen der Ätherfettlösung wird bei der Berechnung des Fettgehaltes benutzt."

Staatliche Kontrollstation Wisby, Juli 1908.



Versuche über die Einwirkung von Flugstaub auf Gras.

Von

E. HASELHOFF.

Die früher mitgeteilten Versuche der hiesigen Versuchsstation über die Einwirkung von Flugstaub auf Boden und Pflanzen[1]) lassen die nachteilige Wirkung der Bestäubung von Pflanzen mit Flugstaub erkennen. Die Wirkung ist je nach der Zusammensetzung des Flugstaubes, je nach dem Entwickelungszustande und auch je nach der Art der Pflanzen verschieden gewesen; in letzterer Hinsicht haben sich die blattreicheren Pflanzen am empfindlichsten erwiesen, wahrscheinlich weil sie durch ihre grössere Blattoberfläche grössere Mengen Flugstaub festhielten als die blattärmeren Pflanzen. Die chemische Untersuchung der Pflanzenaschen zeigt in den bestäubten Pflanzen eine Zunahme derjenigen Bestandteile, welche in den zum Bestäuben verwendeten Materialien in grösserer Menge vorhanden sind, so dass die chemische Untersuchung uns einen Anhalt für die Flugstaubart bei etwaigen Beschädigungen geben kann.

Die in unserer früheren Mitteilung zuletzt angegebenen Versuche mit Roggen wurden auf kleinen Parzellen im Garten der Versuchsstation ausgeführt. Nach dem Abernten des Roggens wurde der Boden umgegraben und Mitte August 1906 mit einem Grassamengemisch besäet, um weiterhin noch die Wirkung von Flugstaub auf Gras prüfen zu können. Hierbei wurden wiederum nur diejenigen Substanzen zum Bestäuben verwendet, welche bei dem Versuche mit Roggen ausgewählt waren. Der leichteren Übersichtlichkeit wegen führe ich hier die Zusammensetzung der neben Schwefelcalcium, Schwefelnatrium und Natriumsulfat ver-

[1]) Landw. Versuchs-Stationen 1907, 67, 157.

wendeten Flugstaube nochmals an; sie enthielten in der Trockensubstanz:

Ursprung des Flugstaubes:	Eisenoxyd + Tonerde %	Kalk %	Magnesia %	Kali %	Natron %	Schwefelsäure %	Chlor %	Phospborsäure %
III.[1]) Dampfkesselanlage eines Hochofenwerkes .	16.80	2.67	2.77	0.48	0.50	4.41	0.04	0.81
VI. Hochofen	32.45	13.75	3.54	12.77	2.83	2.61	2.31	0.99
VIII. Kaliwerk	5.77	28.33	4.79	0.39	0.01	26.94	0.69	0.10
XIV. Dampfkesselanlage einer chemischen Fabrik (Kaliwerk)	4.44	18.91	2.91	0.52	16.63	38.58	3.46	0.10
XV. Chemische Fabrik (Alkali- und Erdalkalisalze, Cyanide)	3.67	36.25	5.80	0.67	5.46	33.02	1.56	0.06
XVI. Chemische Fabrik (Alkali- und Erdalkalisalze)	4.63	34.88	4.20	0.59	4.90	33.20	1.52	0.25

Die Bestäubung des Grases erfolgte vom 18. Dezember ab bis zum 14. Februar in Abständen von je 14 Tagen mit je 20 g dieser sechs Flugstaubarten und je 10 g Calciumsulfid, Natriumsulfid und Natriumsulfat pro Versuchsparzelle = 1 qm. Im Wachstum des Grases oder auch im Aussehen des Grases waren im Frühjahr 1907 keine Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsparzellen zu erkennen. Am 23. Mai 1907 erfolgte der erste Schnitt. Danach wurde von 2 zu 2 Tagen mit je 10 g Flugstaub bezw. 5 g der angegebenen Salze pro Parzelle bestäubt. Auch jetzt zeigten sich äusserlich an den Blättern keine Merkmale der Einwirkung der Bestäubungsmaterialien auf die Pflanzensubstanz, wohl aber trat deutlich nach dem Bestäuben ein geringeres Wachstum der Pflanzen hervor. Am 28. Juni fand ein II. und am 29. August ein III. Grasschnitt statt. Die nachfolgenden Erntezahlen an Trockensubstanz beziehen sich auf eine Versuchsfläche von 1 qm Grösse; dazu bemerke ich, dass die eine der unbestäubten Parzellen (Resultate in der Tabelle eingeklammert) eine Randparzelle war, welche durch andere Ursache (Betreten beim Vorbeigehen) gelitten hat. Daraus erklärt sich auch der Unterschied im Ertrage

[1]) Ich behalte die Numerierung aus der früheren Mitteilung bei.

auf den beiden unbestäubten Parzellen. Infolgedessen berücksichtige ich bei der Mittelwertsberechnung den Ertrag dieser Parzelle nicht; ich will aber nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass, wenn wirklich der Ertrag dieser Parzelle mit zum Vergleiche herangezogen würde, das Gesamtergebnis dasselbe bleiben würde; selbstredend würden nur die Unterschiede nicht so erheblich sein.

Es wurde an Trockensubstanz pro Parzelle in Gramm geerntet:

(Siehe die Tabelle auf S. 480.)

Die mittleren Gesamterträge der einzelnen Versuchsparzellen lassen deutlich die nachteilige Wirkung der Bestäubung mit Flugstaub bezw. mit den angegebenen Salzen erkennen und zu demselben Ergebnis kommt man bei einem Vergleiche der Erntezahlen für den II. und III. Schnitt. Dagegen kann ein gleicher Schluss nicht aus den Erträgen des ersten Schnittes gezogen werden, vielleicht mit Ausnahme der Versuchsreihen, in denen mit Flugstaub VIII und mit den reinen Salzen bestäubt worden ist. Dieses Resultat kann nicht überraschen, wenn wir uns erinnern, dass nur eine fünfmalige Bestäubung vorhergegangen ist, und zwar in der Winterszeit mit ihren reicheren Niederschlägen; die letzte Bestäubung fand am 14. Februar statt. Es ist anzunehmen, dass die zum Bestäuben verwendeten Substanzen durch die atmosphärischen Niederschläge gelöst und in den Boden gesickert und hier zersetzt worden sind, bevor das Pflanzenwachstum begonnen hat, so dass eine nachteilige Wirkung nicht eintreten konnte, vielmehr infolge der Zuführung von Pflanzennährstoffen in den Flugaschen oder der aufschliessenden Wirkung einzelner ihrer Bestandteile auf den Boden eher noch ein günstiger Einfluss auf das Pflanzenwachstum zu erwarten war. Jedenfalls kann die nachteilige Wirkung der einzelnen Flugstaubarten auf das Gras nach diesen Versuchsergebnissen nicht zweifelhaft sein. Am stärksten tritt, wie auch bei den früheren Versuchen, die nachteilige Wirkung des Flugstaubes XIV hervor; die geringste schädliche Wirkung zeigt sich nach dem Bestäuben mit Flugstaub III. Der nach dem Bestäuben mit den angewendeten reinen Salzen erhaltene Mindererertrag lässt keinen Zweifel über die nachteilige Wirkung, welche nach Natriumsulfat am stärksten zum Ausdruck kommt.





